Actas del Décimo Congreso Nacional y
Segundo Congreso Internacional Hispanoamericano de

Historia de la construcción

Donostia-San Sebastián
3 a 7 de octubre de 2017

Volumen II

Instituto Juan de Herrera
Escuela Técnica Superior
de Arquitectura de Madrid

TEXTOS SOBRE TEORÍA E HISTORIA DE LAS CONSTRUCCIONES
Colección dirigida por Santiago Huerta

M. Arenillas et al. (Eds.). **Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
F. Bores et al. (Eds.). **Actas del II Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
A. Buchanan et al. (Eds.). **Robert Willis. Science, Technology and Architecture in the Nineteenth Century**
A. Casas et al. (Eds.). **Actas del I Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
A. Choisy. **El arte de construir en Roma**
A. Choisy. **El arte de construir en Bizancio**
A. Choisy. **El arte de construir en Egipto**
A. Choisy. **Historia de la arquitectura** (en preparación)
I. J. Gil Crespo. (Ed.). **Historia, arquitectura y construcción fortificada**
I. J. Gil Crespo. **Actas de las Segundas Jornadas sobre Historia. Arquitectura y Construcción Fortificada**
J. Girón y S. Huerta. (Eds.) **Auguste Choisy (1841-1909). L'architecture et l'art de bâtir**
A. Graciani et al. (Eds.). **Actas del III Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
R. Guastavino. **Escritos sobre la construcción cohesiva y su función en la arquitectura**
J. Heyman. **Análisis de estructuras: un estudio histórico**
J. Heyman. **El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica**
J. Heyman. **Geometry and Mechanics of Historic Structures**
J. Heyman. **La ciencia de las estructuras**
J. Heyman. **Teoría básica de estructuras**
J. Heyman. **Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica. 2 vols.**
J. Heyman. **Vigas y pórticos**
S. Huerta. **Arcos, bóvedas y cúpulas**
S. Huerta (Ed.). **Actas del IV Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
S. Huerta et al. (Eds.). **Actas del VI Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
S. Huerta et al. (Eds.). **Actas del VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
S. Huerta y F. López Ulloa (Eds.). **Actas del VIII Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
S. Huerta y P. Fuentes (Eds.). **Actas del I Congreso Int. Hispanoamericano de Historia de la Construcción**
S. Huerta et al. (Eds.). **Actas del II Congreso Int. Hispanoamericano de Historia de la Construcción**
S. Huerta (Ed.). **Las bóvedas de Guastavino en América**
S. Huerta (Ed.). **Essays in the History of the Theory of Structures, in Honour of Jacques Heyman**
S. Huerta (Ed.). **Proceedings of the 1st International Congress on Construction History**
J. Monasterio. **Nueva teórica sobre el empuje de las bóvedas** (en preparación)
J. R. Perronet. **La construcción de puentes en el siglo XVIII**
H. Straub. **Historia de la ingeniería de la construcción** (en preparación)
G. E. Street. **La arquitectura gótica en España**
H. Thunnissen. **Bóvedas: su construcción y empleo en la arquitectura**
A. Truñó. **Construcción de bóvedas tabicadas**
E. Viollet-le-Duc. **La construcción medieval**
R. Willis. **La construcción de las bóvedas en la Edad Media**

Actas del Décimo Congreso Nacional y
Segundo Congreso Internacional Hispanoamericano de

Historia de la Construcción

Décimo Congreso Nacional y Segundo Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción. San Sebastián, 3 –7 octubre 2017

Organizado por
Sociedad Española de Historia de la Construcción
ETS de Arquitectura Donostia-San Sebastián (UPV/EHU)
Instituto Juan de Herrera

Colaboran
Máster Rehabilitación y Restauración (UPV/EHU)
Puertos del Estado. Ministerio de Fomento
Programa de Doctorado de Patrimonio (UPV/EHU)
Grupo de Investigación de Estructuras de Madera en la Arquitectura (UPV/EHU)
Centro de Estudios José Joaquín de Mora (Fundación Cárdenas)

Director
Santiago Sánchez Beitia

Presidente de la SEdHC
Santiago Huerta

Comité Organizador
Ana Azpiri Albistegui
Javier Barrallo
Alfredo Calosci
Maite Crespo de Antonio
Lauren Etxepare Igiñiz
Paula Fuentes
Ignacio Javier Gil Crespo
Daniel Luengas Carreño
Alba de Luis
David Ordóñez Castañon

Comité Científico

Nacional
Antonio Almagro Gorbea
Miguel Arenillas Parra
Ricardo Aroca Hernández-Ros
Javier Barrallo Calonge
Luis Alfonso Basterra Otero
José Calvo López
Pepa Cassinello
Manuel Durán Fuentes
Rafael García García
Ignacio Javier Gil Crespo
Francisco Javier Girón Sierra
José Luis González Moreno-Navarro
Amparo Graciani García
Santiago Huerta
Rafael Marín Sánchez
Gaspar Muñoz Cosme
Pedro Navascués Palacio
Enrique Nuere Matauco
Enrique Rabasa Díaz
Antonio Ruiz Hernando
Santiago Sánchez Beitia
Cristina Segura Graíño
Miguel Taín Guzmán
Fernando Vela Cossío
Arturo Zaragozá Catalán

Internacional
Bill Addis (Reino Unido)
Antonio Becchi (Italia)
Tamara Blanes (Cuba)
Dirk Bühler (Alemania)
Mónica Cejudo Collera (México)
Luis María Calvo (Argentina)
Antonio de las Casas Gómez (Chile)
Xavier Cortés de la Rocha (México)
Beatriz del Cueto (Puerto Rico)
Juan Ignacio del Cueto (México)
Milagros Flores Román (Puerto Rico)
Virginia Flores Sasso (Rep. Dominicana)
Benjamín Ibarra Sevilla (México, EE.UU.)
Ana Angélica López Ulloa (Ecuador)
Fabián López Ulloa (Ecuador)
Joao Mascarenhas Mateus (Portugal)
Mario Mendonça de Oliveira (Brasil)
Roberto Meli (México)
Sandra Negro Tua (Perú)
John Ochsendorf (EE.UU.)
Esteban Prieto Vicioso (Rep. Dominicana)
María Isabel Sardón de Taboada (Perú)
Margareth Da Silva Pereira (Brasil)
Daniel Taboada Espinella (Cuba)

Actas del Décimo Congreso Nacional y
Segundo Congreso Internacional Hispanoamericano de

Historia de la Construcción

Donostia - San Sebastián, 3 – 7 de octubre de 2017

Edición a cargo de
Santiago Huerta
Paula Fuentes
Ignacio J. Gil Crespo

Prologo
Santiago Sánchez Beitia

Volumen II

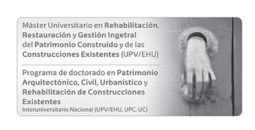
INSTITUTO JUAN DE HERRERA
Escuela Técnica Superior
de Arquitectura de Madrid

















ISBN:978-84-9728-561-2 (Obra completa); ISBN: 978-84-9728-562-9 (Vol. I)
Depósito legal: M-26943-2017
Portada: Faro de Eddystone. J. Smeaton. *Narrative of the building and construction of the Eddystone lighthouse with* stone. London: 1791.
Fotocomposición e impresión: GRACEL
Libros Juan de Herrera: librosjuandeherrera.wordpress.com

Índice

Volumen I

Prólogo. *Santiago Sánchez Beitia* xv

Comunicaciones

Almagro, Antonio. Algunos aspectos constructivos del palacio al-Badi' de Marrakech 1

Alonso de la Peña, Javier y Miguel Sobrino González. Notas sobre el cimborrio gótico de la Catedral de Santiago de Compostela 11

Álvarez Areces, Enrique; Galiana Núñez, Magdalena; Fernández Suárez, Jorge; Baltuille Martín, José Manuel y Javier Martínez-Martínez. Arquitectura nobiliaria de Trujillo (Cáceres) tras el descubrimiento de América. Canteras históricas y materiales pétreos empleados en su construcción 17

Aranda Alonso, María. La trompa de Montpellier. Origen, uso, desarrollo y evolución a partir del tratado de cantería de Alonso de Vandelvira 27

Ardanaz Ruiz, Cecilia. Arquitectura medieval defensiva: la casa-torre en Navarra. Poder, linajes y territorio 37

Arteaga Botero, Gustavo Adolfo. Antecedentes constructivos de las estructuras en madera, realizadas entre los siglos XVI y XVIII, en la zona centro de Colombia. Revisión a las Arquitecturas vernáculas y desarrollos constructivos influenciados por tradiciones europeas de los siglos XIII a XVI 47

Atienza Fuente, Javier. LAPIDES SIGNATI: Marcas, líneas y trazos de elaboración y colocación sobre elementos constructivos pétreos de las ciudades romanas de Ercavica, Segobriga y Valeria en la provincia de Cuenca 55

Awad Parada, Tamar. Celosías de ladrillo en los secaderos de tabaco 65

Azevedo Salomao, Eugenia María. Distribución de agua en la morfología urbana de Valladolid-Morelia siglos XVIII-XIX 75

Azpiri Albistegui, Ana. El Hormigón Armado en Eibar 85

Backof Timm, Caroline. Las fuentes documentales en la historia de la construcción de las reducciones jesuítico-guaraníes 95

Balaguer Dezcallar, María Josefa y Luis Vicén Banzo. Los espacios del faro de Peñíscola (Castellón), una visión del conjunto tras su restauración 105

Balsa de Pinho, Joana. Uma fabrica quinhentista: a capela-mor da igreja da Casa da Misericórdia de Porto 113

Bargón García, Marina y María del Mar Lozano Bartolozzi. El arquitecto provincial Ventura Vaca: la ejemplificación de su trayectoria profesional en Alburquerque (Badajoz) 123

Baró Zarzo, José Luis y Carme Villar Bosch. Técnicas de tierra en alquerías históricas de la huerta valenciana 133

Basterra, Luis Alfonso; Balmori, José Antonio y Milagros Casado. La armadura de cubierta de la nave central de la Iglesia del Convento de San Francisco en Medina de Rioseco (Valladolid) 143

Beldarrain-Calderón, Maider. Evolución del sistema constructivo de los hornos de calcinación de la minería de hierro en Bizkaia (1890-1970) 153

Bellido Pla, Rosa. Nuevos datos para el análisis constructivo de las torres campanario románicas de Valladolid. La intervención en 1758 de tres monjes arquitectos en la iglesia del Salvador de Simancas 163

Benincampi, Iacopo. Roman Baroque Models and Local Traditional Construction. The Sanctuary of St. Ignatius of Loyola and its dome 175

Benítez Hernández, Patricia y Mercedes Valiente López. Aportación de Tomás Vicente Tosca al estudio de la escalera de caracol con ojo 185

Benito Pradillo, Mª Angeles. Reglas empíricas tradicionales para el dimensionamiento de elementos estructurales de edificios de fábrica góticos y su aplicación a una catedral existente 193

Blasco Macías, Federico; Salguero Andujar, Francisco J.; Delgado Trujillo, Antonio y Marta Molina Huelva. La Casa de Plástico y la Casa del Futuro. Aportaciones de la arquitectura de mediados del siglo XX a la construcción con materiales compuestos 203

Bühler, Dirk. La constructora «Hermanos Rank» y la introducción de las bóvedas tabicadas en Múnich a partir de 1947 215

Bulfone Gransinigh, Federico y Francesco Amendolagine. Il cantiere della calce fra continuita' e rinnovamento 225

Cabrera Aceves, Juan. Tratadistas españoles en los sistemas de contrarresto para bóvedas novohispanas. Ensayo geométrico en 12 templos de la ciudad de Valladolid, hoy Morelia, México 235

Cacciavillani, Carlos Alberto. La tecnica costruttiva delle fortificazioni in Abruzzo (Italia) 247

Calosci, Alfredo. Las fuentes históricas para la historia de la construcción: entre investigación y divulgación 257

Camino Olea, María Soledad; Rodríguez Esteban, María Ascensión; Sáez Pérez, María Paz; Llorente Álvarez, Alfredo; Cabeza Prieto, Alejandro; Olivar Parra, José Mª y María Basterra García. Los aleros en la Arquitectura de ladrillo de tejar en la zona sur de Castilla y León: diseños y construcción 263

Cantos Cebrián, Flora María; Cebrián Davia, Damián y Asunción Martínez González. Geometría, simbología y arte en las cubiertas de madera. Armadura de par y nudillo con lacería del Convento de santo Domingo de Chinchilla de Montearagón, Albacete 273

Cárcamo Martínez, Joaquín. Los puentes españoles de palizadas metálicas sobre pilotes de rosca. El superviviente oculto de Zumaia / Zumaya (Gipuzkoa) 285

Castellano Román, Manuel; Murillo Fragero, José Ignacio y Francisco Pinto Puerto. Técnicas constructivas del Claustro Grande de la Cartuja de Nuestra Señora de la Defensión en Jerez de la Frontera (s. XVI). Aportaciones desde enfoques interdisciplinares y un modelado gráfico digital 295

Cejudo Collera, Mónica. Miguel Ángel de Quevedo: La incluyente profesión de ingeniero 305

Chamorro, Miquel Àngel y Elena Vilagran. Contratos y peritajes de los siglos XIV al XVI en la ciudad de Girona 317

Cobos Rodríguez, Luis M.; Mata Almonte, Esperanza y Ángel Muñoz Vicente. El grafito del Faro de Gades como fuente histórica para el estudio de su modelo constructivo 327

Cortés Rocha, Xavier. El Examen de Maestría para el Ejercicio de la Arquitectura en los siglos XVI al XVIII en la Nueva España 335

Costa Jover, Agustí y Sergio Coll Pla. Mecánica de bóvedas de obra de fábrica en las Iglesias del Valle de Arán 347

Crespo de Antonio, Maite. El lagar de viga, el motor del caserío vasco 357

Cruz López, Borja. Hacia una arquitectura de montaje: inicios del steel framing 367

Cueto, Beatriz del. Las Cabezas de San Juan: el diseño, construcción y restauración de un faro de tercer orden en Puerto Rico 377

Cursino dos Santos, Letícia; Lima Araújo, Camila y George Rembrandt Gutlich. Arte muratorio: alfarería del valle del Paraíba 389

Cusano, Concetta; Cennamo, Claudia y Maurizio Angelillo. Estabilidad en el neoclasico napolitano y vulnerabilidad sísmica de la cúpula de San Francisco de Paula en Nápoles 399

Díaz del Campo Martín Mantero, Ramón Vicente. El ladrillo como lenguaje de la modernidad en la obra de Miguel Fisac 407

Díaz Macías, Brenda Estefanía. Evaluación de la permeabilidad del tadelakt aplicado sobre diferentes materiales base 417

Díaz Parra, Sergio Juan y David Sanz Arauz. El Castillo de Overa. Simbiosis de cal y yeso 427

Díez Oronoz, Aritz. Un singular ejemplo de Bastión Artillado: el Puntone proyectado por Baldassarre Peruzzi para Roccasiniblanda 437

Domínguez Burrieza, Francisco Javier. Historia de la construcción de la armadura de hierro del Teatro Calderón de la Barca de Valladolid (1863-1864) 447

Domouso de Alba, Francisco José. Las primeras patentes depositadas en España que desarrollaron la prefabricación y la industralización en el hormigón armado 1886-1906 457

Durán Fuentes, Manuel. Los sistemas de iluminación de los faros de la Antigüedad. El faro helenístico de Alejandría 469

Escorial Esgueva, Juan. Arquitectura y edificación en la Ribera del Duero burgalesa (1544-1595): entre la tradición gótica y las formulaciones clasicistas 481

Estepa Rubio, Antonio y Jesús Estepa Rubio. El método de los conos como desarrollo gráfico-analítico de la forma y del trazado geométrico en las construcciones abovedadas de los Vandelvira. La capilla desigual por lados cuadrados como caso de estudio singular 491

Etxebarria Mallea, Matxalen. La influencia de las técnicas constructivas y compositivas del Barroco en la arquitectura tradicional del País Vasco. Caso de estudio del Valle del Lea 501

Etxepare, Lauren y Bill Addis. La impronta europea del norte en la construcción con hierro y acero durante la industrialización del País Vasco (1842-1914) 513

Fernández Correas, Lorena. La iconografía medieval como fuente de primer orden para el estudio de los medios constructivos: el caso de las grúas 523

Ferrer Forés, Jaime J. Sverre Fehn y la construcción de la tradición 533

Figueroa Viruega, Edmundo Arturo. Los Templos Filipinos Novohispanos 545

Flores Román, Milagros. Bautista Antonelli y su legado en el Caribe Fortificado 553

Flores Sasso, Virginia. Impacto y origen de la arquitectura prefabricada de madera en República Dominicana (Siglo XIX-XX) 559

Fonseca de la Torre, Héctor Juan y Jose Antonio Rodríguez Marcos. Las técnicas constructivas de la prehistoria reciente en el Valle del Duero 569

Font Arellano, Juana. Algunas fuentes escritas sobre la construcción precolombina 577

Volumen II

Freire-Tellado, Manuel J. y Santiago B. Tarrío Carrodeguas. Enjarjes y plementos en las bóvedas pétreas gallegas 591

Fuente, Ander de la; Benedet, Verónica y Agustín Azkarate. Cien años de construcción con estructura modulada: desde la Weissenhofsiedlung de Gropius y los módulos de Christoph & Unmack a los sistemas ecolólogicos en madera MATRYOSHKA© 601

Fuentes, Paula y Anke Wunderwald. La construcción de las bóvedas de la catedral de Mallorca: una revisión bibliográfica 611

Galeno-Ibaceta, Claudio y Nelson Arellano Escudero. El viaducto de Conchi: una obra de la Revolución Industrial en el desierto de Atacama, 1887-1888 625

Galindo Díaz, Jorge y Ricardo Tolosa Correa. Cáscaras de hormigón en la arquitectura colombiana del siglo XX: un caso de hibridación y asimilación tecnológica 635

Gallego Blázquez, Rocío. Revestimientos de mármol romanos. Análisis e interpretación 645

Gallego Valle, David y Jesús Manuel Molero García. El proceso constructivo de una fortaleza medieval: el castillo de la Estrella de Montiel (Ciudad Real, España) 657

García García, Rafael. Láminas cilíndricas en España. El reinicio de la construcción laminar en los años de posguerra 669

García Moreno, Leticia. La asimilación de las estructuras de hormigón como fundamento de una nueva arquitectura. El caso de Luis Tolosa 1927-1956 679

García Muñoz, Julián y Carlos Martín Jiménez. Las bóvedas del claustro del monasterio de Santa María de Valdeiglesias 689

Gil Crespo, Ignacio. El sistema fortificado de la isla Terceira (Azores, Portugal): notas sobre poliorcética y construcción 697

Gilabert Sansalvador, Laura. La cabaña como arquetipo de la arquitectura maya 711

González Gozalo, Elvira. La aplicación de vasijas de cerámica como materiales de construcción en los rellenos de bóvedas de edificios góticos de Palma. Estado de la cuestión 721

González Manich, Clara; González-Longo, Cristina y Filippo Monari. La fábrica de piedra durante los siglos XVII y XVIII en Escocia: estudio preliminar 731

Gutiérrez Hernández, Alexandra M. Monteas, trazas y rasguños. Una muestra del «Cuaderno de Cantería» localizado en los muros de la antigua iglesia del Colegio de los Jesuitas (La Clerecía) de Salamanca 741

Huchim Herrera, José y Lourdes Toscano Hernández. Los Reservorios de Uxmal, Yucatán, México 751

Huerta, Santiago. Las bóvedas tabicadas en Alemania: la larga migración de una técnica constructiva 759

Hurtado-Valdez, Pedro. Torres de tierra: Los campanarios exentos de las iglesias rurales centro andinas de Perú 773

Ibarra-Sevilla, Benjamín. Las bóvedas tabicadas de Guastavino para el edificio municipal de Nueva York, soluciones de planta irregular y flecha limitada 783

Iborra Bernad, Federico. Forjados rebajados de bóveda tabicada en la Valencia de los siglos XIV al XVI 795

Infante Limón, Enrique y Elena Merino Gómez. Sistemas constructivos de alminares almohades con machón central cuadrado del suroeste peninsular 805

Izaga Reiner, José María. Las presas de arcos y contrafuertes de Villareal de Berriz. Una innovación tecnológica en el País Vasco en el siglo XVIII 815

Jiménez Vaca, Alejandro y Arturo España Caballero. Puentes Novohispanos en la Ciudad de México 829

Jufre Garcia, Xavier. Los Artificios de Juanelo. La principal infraestructura hidráulica del Renacimiento europeo 837

La Spina, Vincenzina y Carles Jordi Grau Giménez. La evolución de la producción del yeso tradicional hasta los años 70 del siglo XX en Gestalgar, Valencia (España) 849

Llano Castresana, Urtzi y Enara Mendizabal Samper. Consideraciones previas y estudio para la intervención en el patrimonio industrial arquitectónico e ingeniería civil: Faro de Zumaia 859

Lluis i Ginovart, Josep; López Piquer, Mónica y Judith Urbano Lorente. Catenarias y parábolas en el proyecto de la cooperativa modernista de Pinell de Brai en Tarragona (España) 869

López Bernal, Vicente y Rafael Caso Amador. La casa maestral de Llerena. Evolución y modelo de arquitectura mudejar 881

López Mozo, Ana; Alonso Rodríguez, Miguel Ángel y Alberto Sanjurjo Álvarez. Bóvedas de terceletes con rombo diagonal. Transmisión de conocimiento técnico en el tardogótico europeo 893

López Romero, María. Frente escénico del Teatro de Augusta Emerita. Interpretación de la construcción romana mediante hormigón y acero en la primera mitad del siglo XX 905

López Ulloa, Fabián Santiago y Ana Angélica López Ulloa. La isla de Santa Clara y los primeros faros de la República del Ecuador 917

Luengas - Carreño, Daniel. La Casa-palacio de Fagoagoa, en Oiartzun (Gipuzkoa): Análisis del sistema constructivo y elementos arquitectónicos originales de una Residencia Señorial Bajomedieval 925

Maira Vidal, Rocío. Bóvedas de crucería en el Monasterio de las Huelgas Reales: diferentes soluciones estereotómicas 935

Malavassi Aguilar, Rosa Elena. Arquitectura conventual de León de Nicaragua y Cartago de Costa Rica, siglos XVI a XVIII 945

Mancera Sánchez, Raquel. Sistemas constructivos del exconvento dominico de Cuilapan de Guerrero, Oaxaca 957

Marín Palma, Ana Mª. Eladio Dieste y la tecnología de la cerámica armada 965

Marrero Cordero, Alain. Los acueductos de La Habana Colonial, de la Zanja Real al Canal de Isabel II. S. XVI-XIX 975

Martín Domínguez, Beatriz y Miguel Sancho Mir. El análisis arquitectónico de las masías fortificadas del Maestrazgo como documento histórico 985

Martín Sánchez, Julio. El «Castillejo general de andamiaje» en las obras de la Bolsa de Madrid (1886-1893) 997

Martínez Martínez, Mónica. K.W. Johansen y el origen del cálculo plástico en las cáscaras cilíndricas largas de cubierta 1007

Martínez Rodríguez, María Angélica. Transformaciones técnicas y constructivas en modelos clásicos: una Estación de Ferrocarril en México 1017

Mateos Valiente, Amaia. La dignificación del hormigón en las iglesias modernas: el caso de las parroquias vascas 1029

Mazzanti, Claudio. I cambiamenti delle tecniche costruttive negli edifici religiosi della Diocesi di Chieti dopo il terremoto del 1706 1041

Mileto, Camila; Vegas López-Manzanares, Fernando; García Soriano, Lidia; Villacampa Crespo, Laura y F. Javier Gómez Patrocinio. Primera aproximación a la variedad constructiva de la arquitectura vernácula de tierra en la Península Ibérica 1051

Molina Sánchez de Castro, Vicente Emilio. El Puente de Hierro sobre el río Tajo a su paso por Talavera de la Reina. Un ejemplo de elemento configurador del espacio urbano 1063

Monteros Cueva, Karina y Katherine Soto Toledo. El proceso constructivo en tierra en comunidades de ascendencia Indígena en zona fría 1075

Moreno Blanco, Raimundo. Historia, evolución constructiva y decoración del Convento de San Antonio de Ávila 1085

Moreno Megias, Roger y Joan Lluís Zamora i Mestre. La normativa técnica y el coste derivado de su aplicación. Estudio del coste de construcción de la vivienda social tras la aplicación de nueva normativa técnica durante la segunda mitad del siglo XX en Barcelona 1095

Moreno Muñoz, Pablo y José Fernández-Llebrez Muñoz. Aportaciones de los modelos físicos al desarrollo y construcción de las estructuras laminares en el s. XX 1103

Muñoz Fernández, Francisco Javier. El registro de la propiedad: una fuente para la historia de la construcción. La arquitectura contemporánea en Bilbao como estudio de caso 1113

Muñoz Muñoz, Jose. Afectaciones en edificios históricos expuestos al fenómeno de subsidencia; Museo de la insurgencia, Aguascalientes, México 1123

Muñoz Rebollo, Gabriel. Puente-arco atirantado de 1903, batido por aguas bravas en el Balneario de Sobrón, Álava 1131

Natividad Vivó, Pau. Las baídas de hiladas en cruz de El Escorial 1141

Negro, Sandra y Samuel Amorós. La arquitectura encamonada del siglo XVIII en el colegio menor de la Compañía de Jesús en Ica, Perú 1149

Niar, Sanaa. Ejemplos de la evolución planimétrica de la fortificación moderna de Oran 1159

Ocerin Ibáñez, Olatz. La formación reglada de los arquitectos en España desde el siglo XVIII hasta el siglo XX. Puntos de inflexión e influencia en el ámbito de la profesión arquitectónica. 1169

Ordóñez Castañón, David. Materiales y técnicas empleados en la construcción de antiguas trampas para la caza de fieras en la Montaña Central de Asturias 1177

Ortueta Hilberath, Elena de. El faro del dique de levante en el puerto de Tarragona 1187

Volumen III

Otamendi-Irizar, Irati. La Fábrica de papel Echezarreta en Legorreta como ejemplo de la evolución constructiva y arquitectónica de la arquitectura industrial guipuzcoana 1201

Palacios Gonzalo, Jose Carlos; Arnanz Ayuso, Marcos; Escalada Marco-Gardoqui, María y Diego Martínez Moreno. La bóveda de la Puerta de los Leones de la Catedral de Toledo 1211

Palenzuela Navarro, Antonio. Canteros vascos en la catedral de Almería 1219

Pastor Villa, Rosa. El Faro de El Cabanyal (Valencia) 1229

Pastrana Salcedo, Tarsicio. Ingeniería constructiva carmelita para el manejo y aislamiento hídrico, en el Santo Desierto de Santa Fe, México 1239

Peiró Vitoria, Andrea y Rosana Martínez Vanaclocha. Sistemas constructivos de relleno de subestructuras en la arquitectura Maya. Las acrópolis de La Blanca y Chilonché (Petén, Guatemala) 1249

Pinilla Melo, Javier; Lasheras Salgado, Raquel; Moreno Fernández, Esther; González Yunta, Francisco y Félix Lasheras Merino. El chapitel de Pedro Ribera en la Iglesia de Nuestra Señora de Monserrat, en Madrid 1259

Piñuela García, Mila. Sobre la traza de los mocárabes: adarajas, medinas y la pieza "grullillo" de López de Arenas 1267

Plasencia-Lozano, Pedro. El proyecto no construido del ferrocarril entre Talavera de la Reina y Cáceres por Trujillo de Eusebio Page, y la modificación de Ángel Arribas 1279

Pons Poblet, Josep Maria. El Tratado Práctico de Edificación de Étienne Barberot, un referente constructivo del siglo XX 1291

Prieto Vicioso, Esteban. Faros metálicos del siglo XIX en República Dominicana 1301

Puente Martínez, José. La iluminación natural del espacio eclesial hispano en la Alta Edad Media 1309

Putzu, Maria Giovanna y Fabrizio Oddi. Las torres costeras españolas en Cerdeña. Caracteres tipológicos y constructivos 1323

Rabasa Díaz, Enrique; Calvo López, José y Rafael Martín Talaverano. Bóvedas de crucería que se proyectan en planta según una matriz de estrellas. Transmisión de conocimiento técnico en el tardogótico europeo 1335

Ramírez Sánchez, Enrique. Sistemas antisismo en la arquitectura histórica de fábrica 1345

Rangel Cobos, Sandra Catherine. El ladrillo prensado y su uso en la construcción de las fachadas de ladrillo a la vista en Bogotá desde finales del siglo XIX hasta la tercera década del siglo XX 1355

Redondo Martínez, Esther. El proyecto de bóvedas tabicadas siguiendo reglas de proporción 1367

Reséndiz Vázquez, Aleyda. La trayectoria tecnológica de la prefabricación en la construcción escolar en Francia (1951-1973) 1381

Rigau, Jorge y René Jean. Construir para iterar. La arquitectura de prototipos en la Isla de Puerto Rico a lo largo de dos siglos 1391

Rinaldi, Simona y Michele Severini. Analisi delle tecniche costruttive nelle fortificazioni in Abruzzo (Italia): S. Eusanio Forconese 1401

Rincón Millán, María Dolores y Amparo Graciani García. La problemática de la construcción del murallón de la ribera en Córdoba. El proyecto de Ignacio de Tomás (1791) 1411

Rodrigues Secco, Gustavo; Arantes da Silva, Ana Lúcia y Larissa Lie Nagase. Iglesia Anglicana de Paranapiacaba 1419

Rodríguez García, Ana y Rafael Hernando de la Cuerda. Coderch y las bóvedas de Espolla 1429

Rodríguez Licea, Minerva. Análisis de la tipología y los sistemas constructivos en la arquitectura tradicional a base de tierra cruda en Colima, México 1441

Rodríguez Méndez, F. Javier. El puente del Cismone en 1820 sobre un arco del puente de Zamora 1449

Román Alvarado, Abe Yillah. La tradición constructiva de la región orizabeña durante el Porfiriato [1876-1910] 1459

Romero Medina, Raúl y Manuel Romero Bejarano. Aprender a construir. La formación de los maestros durante el siglo XVI. El caso de Jerez de la Frontera 1469

Rotaeche Gallano, Miguel. Los dos puentes basculantes sobre la ría del Nervión en Bilbao 1479

Sagarna, Maialen; Lizundia, Iñigo; Uranga, Eneko Jokin y Juan Pedro Otaduy. Mecanismos de construcción de los falsos techos de hormigón armado de principios del siglo XX. La resolución de una incógnita 1489

Salcedo Galera, Macarena. Evolución de las técnicas constructivas en el Palacio de Carlos V de Granada: los lunetos de los zaguanes occidental y meridional 1497

Sánchez Núñez, Giordano. Enseñanza de la restauración y las técnicas antiguas a alumnos de la Escuela Taller de la Habana vieja 1507

Sancho Pereg, Enrique y Francisco González Quintial. Impresión 3D y videomapping. Aplicación de la fabricación y diseño digitales a la representación del patrimonio arquitectónico 1517

Secomandi, Elciio Rogerio. Educación patrimonial: Fuertes y Fortalezas. Fortaleza de Santo Amaro: una mirada de España en el Brasil 1523

Segú Alonso, Juan José. La iglesia románica del Santo Sepulcro de Torres del Río. Navarra 1.533

Segurola Soler, Patricia y María Isabel Rosselló Nicolau. Los edificios de vivienda plurifamiliar en la arquitectura de Pere Benavent de Barberà 1543

Serafini, Lucia y Chiara Sasso. Otras lámparas para la restauración. Historia, Evolución, Tecnologías, con notas sobre los faros de Puglia (Italia) 1553

Sola Alonso, José Ramón. Una hoja de ladrillo construye un ábside medieval y franciscano 1563

Soler Busquets, Jordi y Joan Llorens Sulivera. Paralelismos entre la construcción de la iglesia de San Félix y la catedral de Girona en el siglo XIV 1573

Soler Verdú, Rafael; Soler Estrela, Alba y Luis Cortés Meseguer. Tipología de cúpulas. Estudio de los proyectos académicos de la Real Academia de BB. AA. de San Carlos de Valencia. España. 1768-1846 1583

Soto Zamora, Miguel Ángel. El puente «San Ignacio»: testigo vivo del auge y caída de la Compañía de Jesús en la Nueva España 1593

Souto-Blázquez, Gonzalo y Vittoria Bianco. Implantación y desarrollo de las fachadas de doble piel en España, 1970-1989 1602

Tellia, Fabio y Miquel Bibiloni Terrasa. Características geométrico-constructivas de los capiteles pinjantes en Cataluña 1613

Tello Peón, Berta Esperanza. Contra viento y marea, un custodio del siglo XX que sigue en pie. El Faro del Progreso en Yucatán, México 1625

Terán Bonilla, José Antonio. Procedimiento de construcción de un corral de comedias 1633

Torres Garibay, Luis Alberto. Estereotomía de la cubierta de la Basílica de la Salud de Pátzcuaro, Michoacán, México 1643

Torres Santiago, Jerry. Una cubierta Polonceau en el Caribe: el mercado de Ponce, Puerto Rico 1655

Valderrama, Fernando; Guadalupe, Rafael; Carolina Ramírez. Garaje Catasús de José Antonio Coderch: reconstrucción de una planificación 1667

Vale, Clara Pimenta do. El proceso de construcción del centro cívico de Porto en el período entre guerras: la introducción de nuevos materiales, sistemas constructivos y vocabularios arquitectónicos 1675

Valiñas Varela, María Guadalupe y José Antonio Espinosa Martínez. Ex Convento franciscano del siglo XVI, en Atlihuetzía, Tlaxcala, México 1685

Van Nievelt Nicoreanu, Hendik. Creatividad mesopotámica arcaica: uso de fibras vegetales como material de construcción 1695

Velo Gala, Almudena y Antonia Merino Aranda. La curia de Torreparedones: un nuevo modelo de restitución a partir del estudio de otros materiales 1707

Verazzo, Clara. Las fabricas de albañilería en Abruzzo Citeriore: características tipológicas técnico-constructivas 1717

Villamayor Fernández, Roberto y Marte Mujika Urteaga. JAI TEK: anonimato o autoría en la difusión del qanāt a Al-Andalus 1727

Villate Matiz, Camilo. El puente Doménico Parma (Colombia): adaptación de innovaciones en procesos constructivos de estructuras de cables 1737

Yuguero Suso, Begoña y Mikel Enparantza Agirre. Investigación arqueológico-arquitectónica del castillo de Latsaga. Historia del Edificio por medio de su Evolución Constructiva Histórica 1747

Zaragozá Catalán, Arturo y Rafael Marín Sánchez. El uso del hierro y del plomo en la arquitectura medieval valenciana 1759

Zayas Rubio, Lynne. El túnel bajo La Rada: 500 metros que unen La Habana 1771

Lista de autores 1785

Índice de autores 1791

Enjarjes y plementos en las bóvedas pétreas gallegas

Manuel J. Freire-Tellado
Santiago B. Tarrío Carrodeguas

De acuerdo con la RAE (2014), se entiende por enjarje el «enlace de varios nervios de una bóveda en el punto de arranque». Otras referencias[1] completan esta definición: «arranque común de los diversos arcos o nervios que concurren a un mismo apoyo en las bóvedas de crucería. […]. También se solían aparejar los enjarjes góticos por hiladas horizontales, hasta la altura en que los nervios vuelan, ya separados unos de otros. El plano que marca esta separación recibe el nombre en los libros anglosajones [y franceses] de ‘tas-de-charge’».

Este acuerdo sobre el significado de este término se quiebra en otros que se suelen tratar como equivalentes, como jarja: este vocablo no es recogido por la RAE (tampoco jarjamento), mientras que otras fuentes (García-Meseguer 1965, 276) le asignan un significado más reducido, «salmer común de dos arcos formeros contiguos». Por ello en estas líneas se da preferencia al empleo del término enjarje (y jarjamento) para referirse a la solución de recogida de los nervios de las bóvedas, reservando el uso de jarja para el salmer común de arquerías y otras situaciones de una dificultad constructiva de menor entidad.

La palabra enjarje ha quedado asociada a los estupendos dibujos en perspectiva de Viollet-le-Duc ([1854–1868] 1996, 83, 90 y 92) y a las explicaciones que los acompañan sobre las soluciones de arranque de tres nervios (un formero y dos ojivos) con su interpretación mecanicista (interpretación en la que subyace la convicción de que la resistencia a compresión de la piedra no es un problema, coincidiendo con los principios del análisis límite de fábricas), y desde entonces, por constituir un elemento fundamental en la configuración de las bóvedas, ha sido tratado por numerosos autores[2], tanto desde un punto de vista constructivo genérico como a partir del análisis de soluciones concretas, si bien no se ha abordado todavía el análisis comparativo de éstas.

El estudio sistemático de las bóvedas nervadas gallegas emprendido por los autores (Freire-Tellado 2011, Freire-Tellado y Tarrío-Carrodeguas 2015 y 2016) ha evidenciado la necesidad de elaborar un sistema descriptivo que permitiese la comparación entre las distintas soluciones y su clasificación, dado el amplio número de casos estudiado. Este planteamiento constituye un nuevo punto de vista sobre el estudio de los enjarjes que se añade y complementa a los referidos anteriormente. Para facilitar la identificación, se incluye entre corchetes la referencia identificativa de aquellas bóvedas incluidas en el levantamiento tipológico del texto de 2015.

Rasgos definitorios

La pregunta que guió el desarrollo del trabajo es *¿qué elementos debe incluir una clasificación sistemática que además sea de aplicación sencilla?*, valorándose además el que permita una fácil codificación. Así se han considerado los rasgos siguientes:

– Posición relativa de los ejes de los nervios
– Número de nervios que concurren en el enjarje
– Tipos de nervios que se juntan en el enjarje
– Sección de los nervios que concurren
– Ángulo en planta cubierto por el enjarje
– Número de filas (piezas, hiladas) de que consta el enjarje
– Elemento del que arranca el enjarje
– Existencia de tallas u otros elementos decorativos (rasgos singulares)

Otras propiedades, como el material en el que se resuelve el enjarje, se han dejado fuera de la caracterización por cuanto aunque existen algunos (falsos) enjarjes de madera ligados a bóvedas encamonadas, el material es siempre la sillería pétrea, que en nuestro ámbito equivale a decir sillería granítica, si bien su consideración podría ser de interés en otros pagos.

Viollet desarrolló su estudio de los enjarjes a partir de los ejes de los arcos que se juntan, limitándose a una concurrencia de tres nervios, a saber, un fajón y dos ojivos, dado que en la solución que analiza no existen terceletes y los formeros se peraltan mediante columnillas desvinculándose del enjarje. Siguiendo a este autor, se principia la relación de características por el análisis de la situación relativa de los ejes de los nervios que se reúnen. Desde este punto de vista se ha diferenciado entre ejes no concurrentes (ausencia de enjarje), ejes concurrentes y ejes secantes.

Si bien '*stricto sensu*' los nervios secantes concurren en la intersección, se aplica el término secantes a aquellos nervios cuya concurrencia se produce antes del apoyo: realmente se está evaluando la concurrencia con relación al punto de apoyo. En el caso de nervios concurrentes, ésta además puede ser interior o exterior al muro.

Dentro de esta óptica, la Sacristía de la Catedral de Mondoñedo [F.5] es un caso particular en el que el arco fajón participa en dos enjarjes –como si se tratase de dos nervios diferentes contiguos–, uno a cada lado, enjarjándose a cada lado la moldura labrada en el canto del perpiaño, como si se tratase de un nervio de remate con un resalte igual al resto de nervios.

Las propiedades que siguen en la relación anterior tratan de reflejar la topología del enjarje y su dificultad. Es evidente que al irse complicando las bóvedas nervadas se va incrementando el número de nervios que nacen del apoyo, por lo que este dato (el número de nervios) se convierte en un rasgo definitorio inexcusable, que normalmente tomará un valor impar (3, 5 , 7…), señalando un valor par a tipos de bóvedas muy concretos (p.e. bóvedas sin ojivos). Así en la bóveda de la Antesacristía de la Catedral de Santiago de Compostela [f'.1], las 'palmeras' forman un enjarje que recibe 7 nervios y 2 formeros-moldura, resuelto en 3 piezas que apoyan sobre ménsula (figura 1).

Ligado al número está el tipo de nervios que arrancan del jarjamento y la sección de éstos. Dos son los tipos de nervios que afectan más profundamente a la solución del enjarje: los arcos perpiaños y los nervios formeros, muchas veces meros tapajuntas. Los primeros condicionan la solución del enjarje, los segundos, los formeros, muchas veces no superan la condición de meras molduras en el enjarje.

En relación a los perpiaños se encontraron situaciones que van desde la inclusión de éstos y del resto de los nervios en un enjarje único hasta la total independencia, realizando sendos enjarjes independientes a ambos lados del perpiaño (situación a veces derivada de un abovedamiento de fecha posterior a la construcción de los arcos), pasando por el 'desdoblamiento' del perpiaño como si se tratase de un nervio doble o un enjarje con dos centros de concurrencia diferentes, uno a cada lado del perpiaño pero ambos interiores a éste, como ocurre en el claustro procesional del Monasterio de Leiro [K.1]; y también algún caso en el que el conflicto no está resuelto, como en la ex colegiata de Cangas. Es frecuente la solución de un enjarje que reúne los nervios que acometen en un cuadrante pero evita incluir el arco perpiaño: el enjarje se forma con ojivos, terceletes y formeros-molduras. El



Figura 1
'Palmeras' de la Antesacristía de la Catedral de Santiago de Compostela.



Figura 2
Capilla Mayor de la iglesia de Santa María la Mayor de Pontevedra

caso opuesto se da en la Capilla Mayor de la iglesia de Santa María la Mayor de Pontevedra (figura 2), en la que el arco fajón reduce su sección al aproximarse al jarjamento para igualarla a la del resto de los nervios de la bóveda.

Si bien es usual que todos los nervios de la bóveda lleguen hasta el enjarje, no es infrecuente el hecho de que, para simplificar el enjarje, se eliminen algunos nervios, especialmente en el caso de nervios formeros-tapajuntas (como ocurre en ejemplos de autor desconocido –Capilla de los Condes de la Iglesia Santa María de Gracia, Monterrei, Verín, Ourense– o más primitivos –bóvedas de la nave de la iglesia del Monasterio de S. Estevo de Ribas do Sil [C.1], con terceletes sólo en una dirección y en la que los arcos de perímetro se embuten en la bóveda) pero también en obras de maestros acreditados (como en el Claustro Procesional de Celanova [D.4] de Fray Juan de Badajoz:). Más extraña es la situación que se produce en la bóveda del crucero de la ex-Colegiata de Cangas (s. XIX) [K.9] en la que se reúnen los terceletes sobre el ojivo para evitar la jarja. En algún caso ocurre que el enjarje presenta más nervios que la bóveda (en Los Milagros la bóveda carece de un formero que sí está presente en el arranque)

Vinculada al número de nervios está la sección transversal de éstos: aquellos que tienden a una sección triangular son mucho más favorables para la solución del enjarje que los de sección rectangular. Pero no basta con esto: el número de nervios por sí sólo no es una característica suficiente, hay que relacionarlo con la 'densidad de nervios', esto es, ponerlo en relación con el ángulo que el enjarje cubre en planta. Una clasificación sencilla pero muy explicativa es identificar el número de cuadrantes a los que da apoyo: uno (posición en rincón), dos (posición en el plano del muro), tres (posición en esquina, como ocurre en los rincones de los claustros) o cuatro (caso de apoyos aislados, bóvedas sobre columnas, como ocurre la Sala de las Palmeras –antigua sacristía– del Monasterio de Oseira). Si bien la clasificación en cuadrantes es suficiente para plantas rectangulares, para otras formas como por ejemplo las octogonales, puede ser más apropiada la expresión aproximada en grados que el emplear decimales en la referencia a los cuadrantes.

Relacionado con la complejidad del enjarje está el número de hiladas (¿de piezas?) empleadas en su construcción (y que equivale al número de plantillas que se precisan para su realización). Tiene que ver con la altura de las piezas empleadas (a mayor altura menor número), con el número de nervios (a mayor número más hiladas) y con la flecha de la bóveda (las bóvedas rebajadas se suelen resolver con enjarjes de menor número de piezas), pero probablemente estos rasgos no condicionen totalmente el número de piezas, además de su evidente interrelación. Se han encontrado con enjarjes de 1, 2, 3, 4, 5, 7… hiladas (de 1 hilada: Betanzos, Iglesia de Santiago; Monforte de Lemos, coro alto de la iglesia de S. Vicente [L.4], ambos casos en bóvedas rebajadas–, Santiago: acceso capilla de la Visitación de San Domingos de Bonaval; de 2 hiladas; Leiro, bóvedas rebajadas del Claustro de la Portería [K.2], Ribas do Sil, Claustro de los Obispos) siendo las más frecuentes las comprendidas entre 3 y 5. En algunos tipos de apoyos el despiece el apoyo prolonga el del jarjamento, lo cual complica la identificación del número de hiladas: en el cuarto sobre la Antesacristía de la Catedral de Santiago; se emplean 10 piezas entre el capitel-ménsula y el despegue de los nervios de la bóveda, aunque la transición se realiza en tres hiladas…

Respecto a la transición desde el apoyo, se han encontrado enjarjes que arrancan directamente sobre una columna, sin interposición de capitel, funcionando como tal la primera pieza del enjarje (naves colaterales de la iglesia de Oseira, [K.5]), sobre columnas rematadas con capiteles, sobre '*Cul de Lamp*' (Iglesia de Los Milagros en Baños de Molgas), sobre ménsulas-capitel, sobre una imposta corrida y direc-

tamente sobre el muro. Este último caso es muy infrecuente en Galicia (sólo en las naves colaterales de la iglesia del Monasterio de Carboeiro la solución construida se aproxima a ésta), lejos de las brillantes soluciones de este tipo que se dan en otros puntos de la geografía española (Pérez y Zaragoza 2013) o de la propuesta de Vandelvira (explicadas en Palacios y Martín 2009). De la misma forma tampoco son muy abundantes los que nacen de columna, por las circunstancias expuestas en (Freire-Tellado y Tarrío-Carrodeguas 2015) y son contadas las vinculadas a '*cul-de-lamp'*. De todas formas, los casos extremos están constituidos por el Pórtico del Paraíso de la Catedral de Ourense [e'.1; L.7; G.8], donde los enjarjes apoyan sobre esculturas, y en la Capilla de Alba de la iglesia de Santiago de Puebla del Deán [K.7], donde es una escultura la que funciona como enjarje.

Desarrollo del enjarje

La evolución de las bóvedas góticas también se refleja en los enjarjes y el transcurso del tiempo da lugar a un mayor grado de concurrencia de los nervios (aunque pueden no ser todos concurrentes) y mayor grado de superposición; para ello los nervios aproximan su sección a la triangular –si bien en el clasicismo se vuelve al nervio rectangular– y se ejecutan jarjamentos con mayor desarrollo (mayor nº de hiladas), como ocurre en el cuarto sobre la Antesacristía de la Catedral de Santiago (resuelto con 10 piezas sobre capitel-ménsula, aunque la transición se realiza en 3), en el Panteón Real [G.6] de la misma catedral (resuelto con 6 piezas sobre ménsula); o en el Claustro Procesional del Monasterio de Celanova [D.4] (5 piezas sobre ménsula).

La reunión de los nervios en el enjarje es una de las características que lo dotan de plasticidad. Con anterioridad se ha comentado que en algunos casos los formeros no llegan al enjarje o situaciones en las que el fajón se excluye de éste, generando un enjarje de tres nervios ampliamente usado; se analiza ahora la forma en que los nervios surgen del jarjamento.

Un criterio posible es aplicar una solución homogénea al nacimiento de los nervios, apareciendo todos a la vez y desarrollándose al ascender con igual sección, lo que da origen a las hermosas 'palmeras'. En el caso de la Sala de las Palmeras de Oseira la solución constructiva ha prestado su nombre a la estancia: se trata de la antigua Sala Capitular de este monasterio cisterciense, cuyo apelativo se debe a sus cuatro columnas centrales). Otros ejemplos brillantes se dan en el Sotacoro de Oseira, en el Claustro de Catedral de Santiago, en el Claustro Procesional de Celanova, en el de Poio (Figura 5), en el de Oia (también en su sacristía y sala capitular)…

En otras ocasiones se aplica un tratamiento diferenciado a los nervios, de tal forma que algunos reducen su sección o incluso desaparecen provocando una 'vibración' en la percepción. En el cimborrio del Hospital Real de Santiago de Compostela –hoy Hostal de los Reyes Católicos–, los cuatro terceletes de los enjarjes que cubren dos cuadrantes se reducen a un mero filete, prevaleciendo la masa de fajón, ojivos y formero (figura 3).

En algunos casos, el nacimiento de los nervios se produce a partir de un cilindro resaltado que sustituye al enjarje. A falta de datos documentales, esta solución podría haberse debido en algunos casos a las dificultades de materialización de un elemento en concreto o tal vez a las dificultades económicas, pero

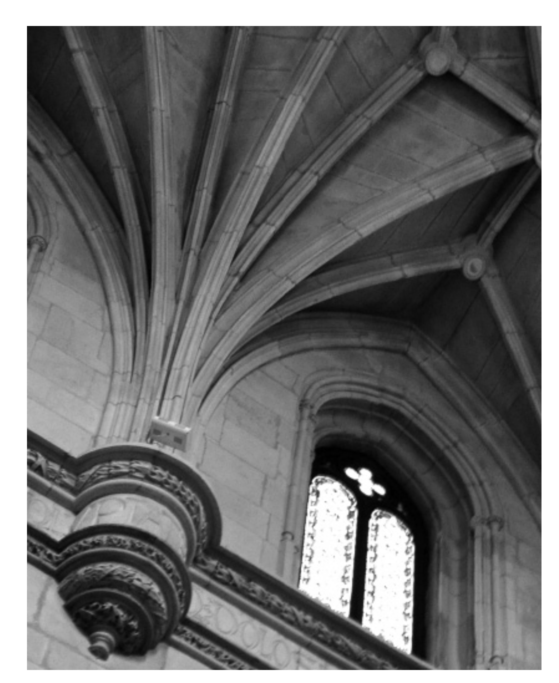


Figura 3
Detalle del cimborrio del Hospital Real de Santiago de Compostela

en otros casos parecen haber sido adoptado intencionadamente –¿recuerdo quizás de la columna que recogía el enjarje?–.

Del primer caso parece ser el que se observa en la nave de la iglesia del Monasterio de San Estevo de Ribas do Sil: en el rincón definido por fajones y formeros, el ojivo y el tercelete –se trata de una bóveda nervada sobre cuatro apoyos con ojivos y terceletes sólo en una dirección (Freire-Tellado y Tarrío-Carrodeguas 2015)– se reúnen en un cuarto de cilindro resaltado, tras haberse desvanecido los arcos-tapajuntas perimetrales. Y quizás algo parecido ocurra en la Capilla de Mondragón de la Catedral de Santiago, capilla techada con una bóveda nervada sobre con 5 apoyos (Freire-Tellado y Tarrío-Carrodeguas 2015), en la cual los nervios que nacen de los dos apoyos que cubren unos 135º, lo hacen cada uno a su nivel y a partir de sendos cilindros de piedra resaltados, mientras los otros tres apoyos de la bóveda están resueltos con enjarjes convencionales. Otros casos en los que los nervios arrancan de forma progresiva desde un cilindro resaltado se encuentran en la iglesia de San Francisco de Noia o en el monasterio de Monfero (paso entre la hospedería y el claustro regular), en el que el cilindro resuelve el peralte de los nervios de menor luz.

Por el contrario, En la Capilla Mayor (de 2 tramos) de Nª Sra do Camiño de Betanzos (obra de Juan de Herrera el Trasmerano), los nervios de los dos apoyos del fondo, situados junto a las veneras-bellamente labradas, nacen a la vez de sendos cilindros resaltados lisos, mientras el resto de apoyos se resuelve con 'palmeras' (135º 5n+1m (5+1) p s/ménsula). Algo parecido ocurre en la estupenda bóveda de la escalera de Oseira (enjarjes que cubren 135º 2–3n 3p).

Para cerrar el tema, señalar que resulta muy sencillo elaborar una codificación descriptiva de las características expuestas que posibilita un empleo cómodo en el trabajo de campo: 135º 5n+1m (5+1) p s/ménsula indica un enjarje que cubre 135º en planta (1,5 C –cuadrantes–), formado por 5 nervios y un nervio-tapajuntas (moldura), resuelto en 5+1 piezas y apoyado sobre ménsula)

El cierre de las bóvedas: la plementería

Quedan pocas bóvedas en Galicia que conserven restos de los revestimientos y, menos aún, de las policromías que muchas debieron tener. Apenas quedan algunas pinturas como en la Capilla Mayor de la Catedral de Mondoñedo, en algunas bóvedas de la de Lugo, en la Capilla de San Pedro de la Catedral de Tui (catedral ésta en la que consta la fecha en la que fue eliminado el revestimiento de las bóvedas), en la bóveda del cimborrio de la Catedral de Santiago (un firmamento azul en el que luce el Ojo de Dios) y, en edificios menos reconocidos, en la bóveda del presbiterio del Santa Baia (Eulalia) de Banga, –bóveda de terceletes, crismón y cinco claves tipo [E.1]– en la que se desarrolla un programa iconográfico completo de mitad del XVI.

Con la plementería en color azul cielo, nervios de granito claro y claves doradas, las naves de la Santa María la Mayor de Pontevedra son de las pocas que permiten evocar tiempos pretéritos. A este grupo se sumaría la Capilla de las Reliquias y Panteón Real de la Catedral de Santiago con su tricromía en blanco –bóveda–, rojo –nervios– y oro –claves–.

Si bien este trabajo no se ocupa del estudio de los revestimientos de las bóvedas, no parece descabellado afirmar que, si bien muchas fueron concebidas para ser revestidas, algunas lo fueron para no serlo e incluso, en algún caso, para combinar ambas situaciones: en la bóveda [K.3] del paso del Monasterio de Leiro, se aprecian zonas concretas de la plementería apiconadas, relacionadas con el dibujo de los nervios, tratamiento que permite suponer que la bóveda fue concebida combinando zonas con la plementería a la vista con otras de plementería revestida.

La ausencia de revestimientos permite apreciar directamente las plementerías ejecutadas, casi invariablemente realizadas en granito[3]. Éstas son siempre macizas, con la única excepción de la parte central calada de la bóveda del Panteón Real de la Catedral de Santiago, [G.6] (figura 4), singularidad que no fue tenida en cuenta en las actuaciones de mediados del siglo pasado. Los tratamientos aplicados al granito son muy variados, oscilando desde un cuidado prácticamente inexistente hasta el exquisito, desde aquellos pobremente desbastados hasta losas que reciben un cuidado acabado superficial e incluso talla.

Sirvan de ejemplo de estas situaciones especiales las bóvedas del claustro del Monasterio de Oia [K.4], bóveda sin ojivos y por tanto sin clave de bóveda, pero en cuya teórica posición –y como recuerdo de ella– se coloca un pinjante que nace de la plementería; en la bóveda del cañón de la Escalera de Honor de San Esteban de Ribas do Sil, [E.4], la ple-



Figura 4
Bóveda del Panteón Real de la Catedral de Santiago de Compostela

mentería se labra imitando el juego de rehundidos de una bóveda continua clasicista. A veces la plementería sirve incluso de soporte a elementos escultóricos, como en las bóvedas de los rincones del claustro del Monasterio de Poio, [K.6] (figura 5), bóvedas de ojivos interrumpidos cuyos plementos centrales son esculpidos formando un bajorrelieve –coloreado en unos casos y no en otros–, y, especialmente, en la plateresca Capilla de Alba de la Iglesia de Santiago de Puebla del Deán [K.7], cuyos elementos de la zona central soportan imágenes de bulto y una clave que es una escultura pinjante. En otros casos se da el conocido reaprovechamiento de piezas, como en la llamada bóveda de las lápidas del Monasterio de Oseira, cuya plementería está formada por losas sepulcrales en las cuales son perfectamente visibles las laudas funerarias.

En la mitad sur de la zona atlántica de Galicia –Capilla Mayor de Santa Columba de Rianxo [B.1], claustro del Monasterio de Poio [C.2], naves de la Catedral de Tui…– para la realización de las plementerías se emplean a menudo productos hendidos de granito, lajas, denominados en la tierra '*perpiaños*'. Éstos son piezas graníticas paralepipédicas separadas con cuñas, con un espesor entre 10 y 20 cm, de unos 30–40 cm de alto y un largo tal que no suele exigir juntas *in*termedias –en Santa Columba llegan a los 2,00 m– y cuyas dimensiones, en la actualidad, oscilan entre los 10 – 25 cm de grueso, 40–50 cm de alto y un largo inferior a 3,30 m de acuerdo con (Fernández-Madrid 1996, 41).

Las bóvedas de la nave central de la iglesia del Monasterio de Canedo presentan una solución singular. Convento franciscano construido sobre un palacio previo del que se aprovechó, poco más que la piedra, se ejecutó la iglesia en el s. XVIII –en dos de sus arcos se leen los años de 1775 y de 1777–. Aquí la plementería está formada por perpiaños dispuestos sobre los nervios ojivos de la bóveda como si se tratase de una bóveda de cañón con lunetos, solución propiciada quizás por lo tardío de su construcción.



Figura 5
Bóvedas del claustro del Monasterio de Poio.

Disposición de los plementos

Ligada a las piezas que forman la plementería se encuentra la forma de aparejarla, que merece un comentario específico por las características que presenta.

Es bien sabido que en la bóveda de ojivos existen dos formas típicas de disponer la plementería, a la francesa y a la inglesa (la anglonormanda de Viollet le Duc). La disposición a la francesa resulta en unas juntas de elementos paralelos a los lados de la bóveda pero obliga a unos elementos de ancho variable, esto es, obliga a su replanteo y labra, o sea, a repartir entre las piezas las diferentes longitudes de los arcos–. En la colocación a la inglesa –quizás influida por el uso del ladrillo–, los elementos son de ancho constante, lo cual origina hiladas de plementos que no son ni paralelas a los lados de la bóveda ni tampoco paralelas entre sí, y, además, para cerrar la bóveda se tiene que cubrir una zona central que tiene forma de rombo o pica de la baraja.

Una tercera forma de colocación se da cuando se emplean piezas irregulares que se disponen de manera tal que se vaya cerrando el espacio, pero sin mayores intenciones. El aparejo irregular sin duda deriva muchas veces de un criterio de economía: si la bóveda se acaba revestida, el despiece no se aprecia y la menor labra significa menor coste.

Las soluciones a la francesa y a la inglesa anteriores están presentes en Galicia, si bien es más frecuente –con todos los matices posibles – la solución a la francesa. En ciertos casos parece que la construcción se basa más en el arte de la albañilería que en el de la cantería: en vez de dar forma a las piezas, para ajustar la curvatura –o al menos como técnica de corrección final-se recurre a juntas de escopeta –juntas de espesor variable– entre elementos, recurso que parece apreciarse en las soluciones de plementería a base de perpiaños.

La forma de colocación de la plementería depende del a solución constructiva escogida para la bóveda. Cuando se trata de *bóvedas con ojivos y terceletes*, la colocación de la plementería se complica con respecto a las bóvedas de crucería simples incluso en los casos más sencillos: no sólo hay que decidir su disposición en los cuatro cañones perimetrales de la bóveda, sino también en las cuatro puntas de la estrella que se definen en planta, las zonas entre ojivos y terceletes.

En estas bóvedas, la plementería 'periférica' se suele realizar de una forma que se aproxima a la francesa. La plementería interior se puede disponer también a la francesa (Sacristía de la Catedral de Santiago de Compostela [G.4]), a la inglesa (crucero de la Iglesia de Ribas de Sil [G.3]) o bien de forma perpendicular al ojivo, generando una zona central casi plana (rincones del Claustro Procesional de Celanova [D.4]). También existen soluciones en las que la colocación es irregular o incluso en las que se mezclan dos soluciones en las puntas de la estrella –capilla lateral de San Francisco de Noia [H.3], con plementos colocados a la inglesa y otros colocados perpendicularmente al ojivo–.

Cuando existen *terceletes sólo en una dirección* de la bóveda existen ejemplos que mantienen la plementería a la francesa (Panda Este del claustro del Monasterio de Poio [C.2], aunque de forma imperfecta) aunque en otros (nave de la iglesia del Monasterio de San Estevo de Ribas do Sil [C.1]) la plementería situada entre ojivos y terceletes se despieza mayoritariamente de forma perpendicular al tercelete. Este mismo despiece se produce en otros tipos de bóvedas (Capilla Mayor de San Pedro de Melide [L.3]) en los tramos comprendidos entre los ojivos y los terceletes interiores.

La proporción de las bóvedas de Poio [C.2] es 1:1, mientras que tanto en Rivas do Sil [C.1] como en Melide [L.3] se supera la 3:2; hecho que lleva a incluir la proporción entre los factores que influyen en el despiece de la plementería. Este factor también parece estar presente en los despieces adoptados en las naves de la Iglesia de Leiro: si en las centrales ([H.2], proporción 1:1) la plementería de las puntas de la estrella se apareja perpendicular al ojivo, en las colaterales ([H.1], proporción 9:5), de traza similar, se despiezan oblicuas al ojivo, siendo el ángulo más próximo al recto (unos 81º) el formado por las juntas con el tercelete menor. También se da un 'despiece oblicuo' en dos de las tres bóvedas que cubren la Sacristía de la Catedral de Mondoñedo [F.5] –proporción 3:2–.

Bóvedas con ojivos, terceletes y tracería. Es obvio que la introducción de combados en la bóveda obviamente afecta también al despiece de la plementería. En el estudio se ha diferenciado entre aquellas situaciones en las cuales sus combados son todos interiores a las claves de terceletes y aquellas que presentan también –o exclusivamente– combados exteriores a las claves de terceletes.

Cuando la tracería está formada por un anillo central entre claves de terceletes –crismón– o soluciones similares, como octógonos, la plementería exterior se resuelven como anteriormente– a la francesa y a la inglesa–, mientras la zona interior del anillo puede continuar la disposición general (Tesoro de la Catedral de Santiago, [E.2], todo a la francesa) o aparejarse de otro modo. En la mayoría de los casos de esta segunda opción se dispone en vuelta de horno, esto es, en anillos concéntricos (véase por ejemplo [E.3], Capilla de San Cayetano de Nª Sra do Camiño de Betanzos y [E.1], Capilla de la Purísima de Santa María la Mayor, Pontevedra).

En bóvedas de pequeño tamaño o de alta 'densidad de nervios' ciertas partes de la bóveda se construyen con una única pieza que ocupa todo el espacio disponible: en el Pórtico Norte de la Catedral de Lugo, [L.6] –proporción 3:2–, la zona interior al anillo se construye con piezas encajadas entre ojivos y ligaduras mientras que el resto se despieza con elementos

paralelos al eje menor. Lo contrario, la ausencia de nervios, puede ser también determinante: en [K.7] la ausencia de ojivos da lugar a que el círculo central se despiece con gajos radiales, ligeramente cupulados.

También la ausencia de ligaduras y la combinación con otras tracerías puede tener un efecto importante en el despiece de la plementería. Dos capillas laterales de S. Francisco de Noia –solución [H.3], tracería en anillo con nervios formando un cuadrado curvilíneo interior a las claves de terceletes y carencia de ligaduras–, pueden servir de ejemplos. En un caso los plementos se colocan con juntas paralelas a los ejes de la bóveda –solución similar a la que se ha descrito en las bóvedas de combados sin ojivos– pero en el otro caso los plementos ocupan la posición que tendría la ligadura, como si se asignase a estas piezas la misión de transmitir las compresiones entre claves.

Esta última solución, en la cual algunos de los elementos parecen reproducir la posición de las ligaduras eliminadas, se da con cierta frecuencia también en otras soluciones de tracería.

En el caso de las '*bóvedas de flor*' (Freire-Tellado, 2011, 424) esta disposición se produce en el Claustro Reglar del Monasterio de Monfero, [H.7], en la dirección en la que carecen de ligadura, si bien es excepcional: lo más común es colocar los plementos perpendiculares al eje de la bóveda correspondiente ([I.1], Crucero de la Catedral de Tui, [H.6], presbiterio de Nª Sra. Do Camiño (figura 6), [M.2], Escalera de los Obispos del Monasterio de Oseira…), aunque en algún caso se dispongan todos ellos paralelos, independientemente del eje de la bóveda ([H.5], Refectorio del Monasterio de Oia).

El recuerdo del nervio ausente en la plementería se puede encontrar también en algunos ejemplos de bóvedas sin ligaduras compuestas por ojivos, terceletes y combados rectos (bóvedas de 9 claves –o 9 nodos–) –fila J del gráfico–. Así en [J.1], Portería del Monasterio de Monfero, y en [J.4], cañón de la escalera entre claustros de Leiro, es claramente identificable una cruz formada por parejas de plementos dispuestos entre las claves de terceletes en la posición que ocuparían las ligaduras. Sin embargo, la solución más habitual es disponer las piezas de forma que sean perpendiculares a los ojivos, y por tanto a los lados del cuadrado interior, ya sea asignando una zona a cada dirección –[J.2], Claustro de las Procesiones de Montederramo, [J.3], Presbiterio de la Iglesia de Guimarei– ya sea realizándolas todas con la misma dirección (Portería de Ribas do Sil –tipo J.1–). Y ello independientemente de la solución adoptada para el resto de la plementería.

Cuadrilóbulos. Estas tracerías, que se extienden a lo largo de toda la longitud de los ejes de la bóveda, en muchos casos condicionan de forma decisiva la organización general de la plementería de la bóveda: incluso en los casos en que ésta se dispone a la francesa –o a la inglesa– el ajuste con los combados es más libre. En muchas ocasiones la colocación de la plementería depende del cuadrilóbulo, pudiéndose llegar a encontrar organizaciones diferentes en cuatro zonas de la bóveda: parte exterior, puntas de la estrella, zona central y zona comprendida entre el cuadrilóbulo y la tracería interior. Estas zonas se esquematizan en la Figura 6, cuya red de nervios es una idealización[4] de la existente en la Capilla Mayor de la iglesia de San Francisco de Noia, [G.5]

Se han encontrado casos en los que la plementería de tramos perimetrales se dispone a la inglesa, la de las puntas de la estrella se reparte en un número entero de piezas entre intersecciones y dentro del cuadrifolio se coloca a la francesa. Incluso hay algún ejemplo en el que la zona comprendida entre el cuadrilóbulo y la tracería interior se construye con dos disposiciones de plementos, en correspondencia

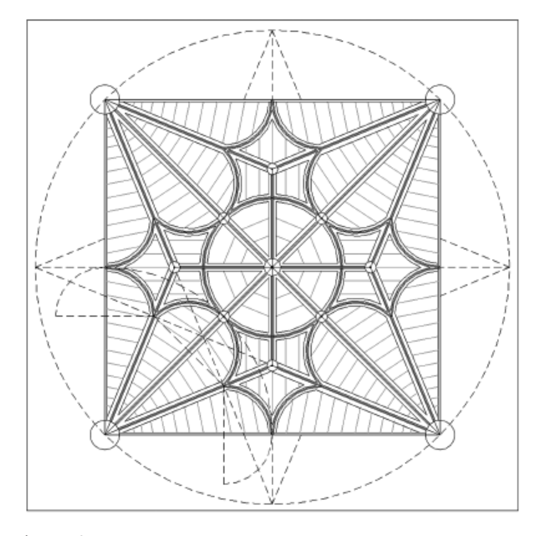


Figura 6
Zonas con diferente organización de la plementería en una bóveda de crucería con terceletes, ligaduras interiores y tracería en forma de cuadrilóbulo

con sus respectivos ejes: en la iglesia de San Vicente del Pino, [G.7], la disposición general a la francesa se modifica en las zonas del cuadrifolio delimitadas por el eje mayor, los terceletes y la tracería interior, disponiéndose oblicua a la ligadura y de forma simétrica con respecto a ambos ejes de la bóveda.

Conclusiones

- El estudio comparativo de las bóvedas requiere la definición de las características de las soluciones de apoyo empeladas. El sistema de clasificación de enjarjes propuesto es un sistema abierto que permite comparar las soluciones de enjarje de las distintas bóvedas estudiadas de forma exitosa.
- El constructor concreta la resolución del enjarje en una determinada solución que no es sólo una cuestión que dependa de su capacitación técnica, sino también una cuestión de diseño y expresividad.
- Las clasificación en plementería a la francesa o a la inglesa sólo es adecuada para bóvedas de crucería simples. Para bóvedas más complejas, la forma de disposición de la plementería se ve influidas por las clases de nervios empleados en la conformación de la bóveda, sus proporciones y la forma de la tracería. En esta organización no puede hablarse de reglas fijas sino de tendencias.
- La plementería es el elemento que más variación experimenta: si en algunos casos se trata de un mero relleno, en otros llegar a definir el trazado de la bóveda convirtiéndose, en algunos casos, en verdaderas esculturas. Además existen numerosos casos particulares que adoptan soluciones intermedias.

Notas

1. Véanse por ejemplo las definiciones del término contenidas en los Glosarios de las obras de Heyman. (1995, 384) y Viollet-le-Duc (1996, 288).
2. Algunos de los contemporáneos son Rabasa (2000, 2005, 2007, 2008, 2013), Palacios (2009), Palacios y Martín (2009), Martín y Maira (2013)…
3. Existe un grupo de bóvedas –Ex-Colegiata de Cangas, Iglesia de Santa María de O Rosal–, realizadas tras la Guerra Civil de 1936, en las que se emplean nervios pétreos y plementería de ladrillo revestida –por su menor peso–, revestimiento sobre el que se pinta un falso despiece de sillares.
4. Se recurre al término ‘idealización’ por cuanto la bóveda referida presenta desviaciones de la ortogonalidad apreciables, plasmadas en la falta de alineación de las ligaduras transversales. La plementería de la bóveda real está resuelta empleando soluciones a la inglesa (puntas) y a la francesa (resto); la representada sigue la solución de la antigua capilla del Palacio de Fonseca [F.4], salvo la zona interior a la interior a la cruz.

Lista de Referencias

Fernández Madrid, J. 1996. *Manual del Granito para Arquitectos*. Asociación Gallega de Graniteros, A.G.G., Santiago de Compostela.

Freire-Tellado, M. 2011. Flores en los Techos de Galicia: la tracería de las bóvedas nervadas. *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp. 421–430. Eds. S. Huerta, I. Gil Crespo, S. García, M. Taín. Instituto Juan de Herrera, Santiago de Compostela.

Freire-Tellado, M. J.; Tarrío-Carrodeguas, S. B. 2015. Las bóvedas pétreas nervadas de Galicia: identificación de soluciones, *Informes de la Construcción*, 67(538): e083 (2015), doi: 10.3989/ic.13.174.

Freire-Tellado, M. J.; Tarrío-Carrodeguas, S. B. 2016. Bóvedas Nervadas: Trazado y Proporción. *Actas del Simposio Internacional OBRA CONGRÚA, 1416. 600 Aniversario de la consulta de la Catedral de Girona*. 19 21 octubre 2016. Universidad de Girona (UDG) .Girona, España (en prensa)

García Meseguer, A. coord. [1965] 2009. *Léxico de la Construcción del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y el Cemento.* Reedición a cargo de Joaquín Antuña. 2009. CSIC-Instituto Juan de Herrera, Madrid.

Heyman, J. [1966–1993] 1995. *Teoría, historia y Restauración de Estructuras de Fábrica.* Versión española editado por S. Huerta. CEHOPU-Instituto Juan de Herrera-CEDEX. Madrid.

Martín, R.; Maira, R. 2013. Del trazado a la construcción: Versatilidad de las bóvedas de crucería. *Informes de la Construcción.* 65, Nº EXTRA-2, 21–34, 2013, doi: 10.3989/ic.13.017

Palacios, J. C. 2009. *La Cantería Medieval. La Construcción de la bóveda gótica española*, Ed. Munilla-Lería, Madrid.

Palacios, J. C.; Martín, R. 2009. La construcción de una bóveda de crucería en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. *Informes de la Construcción*, 61(515): 49–58, 2009. doi: 10.3989/ic.08.058

Pérez de los Ríos, C.; Zaragozá Catalán, A. 2013. Bóvedas de crucería con enjarjes de nervios convergentes que emergen del muro en el área valenciana, ss. XIV – XV. *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp. 833–842. Eds. S. Huerta y F. López--Ulloa (eds.). Madrid, 9–12 de octubre de 2013. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Rabasa, E. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX.* Madrid: Akal.

Rabasa, E. 2005. Construcción de una bóveda de crucería en el Centro de los Oficios de León. *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp. 909–917, ed. S. Huerta, Instituto. Juan de Herrera, SEdHC, Arquitectos de Cádiz, COAAT Cádiz.

Rabasa, E. 2007. Principios y construcción de las bóvedas de crucería. *Loggia, Arquitectura & Restauración*, nº 20, p. 86–97, 2007. doi: http://dx.doi.org/10.4995/loggia.2007.3208.

Rabasa, E. 2008. La Construcción medieval de bóvedas. *Ars Mechanicae. Ingeniería Medieval en España*. Pedro Navascués Palacio, coord. 2008. Fomento - CEDEX - Fundación Juanelo Turriano.

Rabasa, E. 2013. Estereotomía: teoría y práctica, justificación y alarde. *Informes de la Construcción*. 65, Nº EXTRA-2, 5–20, 2013. doi: http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.014

Real Academia Española, RAE. 2014, *Diccionario de la lengua española, La 23ª edición. Edición del Tricentenario*. http://dle.rae.es/

Vandelvira, Alonso de. [ca. 1650] 1977. *Libro de traças de cortes de piedras compuesto por Alonso Van de Elvira, arquitecto maestro de cantería: compónese de todo género de cortes, diferencias de capillas, escaleras, caracoles, templos y otras dificultades muy curiosa*s. en Barbé-Coquelin de Lisle, G. *El tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira*. Caja de Ahorros Provincial, Albacete. Ed. facs. 1977

Viollet-le-Duc, E. [1854–1868] 1996.. *La construcción medieval. El artículo 'Construcción' del Dictionaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle(Édition BANCE – MOREL).* Editado por E. Rabasa y S. Huerta. Instituto Juan de Herrera- CEHOPU-CEDEX. Madrid.

Cien años de construcción con estructura modulada: desde la Weissenhofsiedlung de Gropius y los módulos de Christoph & Unmack a los sistemas ecolólogicos en madera MATRYOSHKA©

Ander de la Fuente
Verónica Benedet
Agustín Azkarate

Construcción modular con paneles ensamblados en seco: antecedentes históricos

Industrialización y prefabricación son conceptos ligados al abandono de las técnicas artesanas tradicionales en la construcción, y la paralela adopción de procesos tecnificados «que, mediante una adecuada planeación de actividades y presupuesto y una selección acertada de equipos y materiales, generan elevados rendimientos en obra y un mejor aprovechamiento de los recursos, al crear una especie de producción en serie, similar a los procesos repetitivos empleados en fábricas» (Escrig 2010, 1).

Dentro de esa planificación, es pieza clave el diseño de elementos que puedan repetirse generando el máximo número de combinaciones posibles, tanto más útiles cuanto más variada es la respuesta que pueden ofrecer a los diseños creativos.

La dificultad, pues, estriba no sólo en una correcta elección de los materiales con los que estandarizar la construcción, sino también (y sobre todo) en el diseño de la célula (el módulo) con la que esa construcción va a componer sus edificios complejos.

Este artículo pretende centrarse en la búsqueda histórica de ese módulo, en la construcción propiamente modular, dentro de un campo más amplio como el que abarcan los procesos genéricos de industrialización y prefabricación.

No todo lo moderno es nuevo

La construcción modular con paneles ensamblados en seco parece ligada al empleo de técnicas rabiosamente actuales o, cuando menos, propias de un pasado muy cercano en el tiempo. Asociada al empleo de materiales propios de una cultura industrial (el hormigón armado, especialmente pretensado y postesado, y el acero laminado), la idea de módulos o paneles prefabricados parece un invento relativamente reciente (Burón y Fernández-Ordóñez 1997). Sin embargo, como veremos a continuación, las técnicas constructivas modulares tienen una historia suficientemente larga como para aprender de los errores pasados y proponer nuevas opciones de futuro basadas en la experiencia.

Uno de esos errores es precisamente el incorrecto manejo de materiales que, como los antes citados, producen inaceptables puentes térmicos, especialmente en fachadas. La respuesta conjunta a los cinco condicionantes actualmente exigibles a la construcción integral modular (sotenibilidad ambiental, aislamiento térmico y acústico, impermeabilización, capacidad portante y ligereza) se antojaba incompleta en las soluciones basadas en el acero o el hormigón armado. ¿Qué material podría, entonces, satisfacer en mayor medida todas estas premisas?

La introducción de paneles fabricados con madera, que minimiza el problema y permite gran eficiencia estructural e higrotérmica en pequeños espesores (y con reducidos pesos) parece una innovación de la ar-

quitectura actual. Ecología y sostenibilidad ambiental son los puntos de partida de soluciones «modernas» en la bioconstrucción (o en otros campos de la técnica, como los medios de transporte y los vehículos eléctricos) que parecieran no haberse planteado nunca antes desde este enfoque (Montesinos 2014). El coche eléctrico, sin embargo, lleva inventado desde 1828, cuando Ányos Jedlik aplicó el motor que diseñara a un pequeño vehículo automóvil. ¿Es también lejano el origen de las construcciones paneladas en madera?

La búsqueda histórica de máxima resistencia y mínimo peso

La búsqueda de una modulación de piezas estructurales de los edificios tiene uno de sus fundamentos en la optimización de las cualidades resistentes con el mínimo peso, difícil de lograr con soluciones tradicionales *in situ*.

La máxima ligereza estructural ligada a un mínimo empleo de material fue el origen del concepto Dymaxion (*Dynamic Maximum Tension*) que Buckminster Fuller aplicó a la edificación en acero desde finales de la década de los años 20 del pasado siglo (McHale 1966).

Pero las estructuras metálicas aligeradas mediante la prefabricación de sus piezas ya habían sido empleadas por Henry Labrouste en la Biblioteca *Sainte Geneviève* (1843–50), antes incluso de que Paxton levantara su *Crystal Palace* (1851) enteramente en fundición y vidrio. Y todos estos proyectos comparten la preocupación por la máxima resistencia y mínimo peso que inspiró a John Soane en sus cubiertas para el Banco de Inglaterra en 1792 (Strike [1991] 2004, 30).

Ninguno de estos diseñadores, no obstante, resolvió satisfactoriamente el problema de poder manipular las piezas en obra sin necesidad de utilizar medios auxiliares relativamente complejos.

Tampoco plantearon una respuesta adecuada a la construcción de cerramientos ligeros que respondieran a un suficiente aislamiento térmico y acústico, procurando a su vez una necesaria impermeabilización pero con permeabilidad al vapor de agua generado en el interior.

Si además se pretendía que los módulos de acero u hormigón armado resolvieran o coadyuvaran a la transmisión de cargas del edificio, había que renunciar a la ligereza que, como antes señalábamos, era una de las condiciones de partida para una fácil puesta en obra.

Módulos autoportantes en la historia de la construcción

Resolver enteramente una edificación utilizando solamente mano de obra, sin medios auxiliares, fue un reto al que ya se enfrentó Jean Prouvé Cuando, en 1953, tras la ruina de su obra vital, "Ateliers Jean Prouvé", que se mantuvo en producción veintitrés años, Prouvé decide autoconstruir su casa en un solar considerado inapto para la edificación por sus grandes pendientes y mala accesibilidad (Peraza 2007), la búsqueda de un módulo ligero y resistente (a la par que barato) se convierte en su principal objetivo.

La utilización de paneles autoportantes combinando madera y metal respondía a esa demanda de ligereza para su manipulación por los propios montadores en medios a los que una máquina difícilmente puede llegar.

Pero la construcción modular ligera en seco, industrializada, utilizando bastidores de madera para los paneles de cerramiento, llevaba ya entonces siendo objeto de un considerable desarrollo tecnológico desde hacía más de setenta años.

Ya en 1880, el capitán Johann Gerhard Clemens Döcker, de la Real Armada danesa, patentó en Francia y Alemania (y, hasta 1884, en otros países como España, Gran Bretaña o Estados Unidos) un sistema de estructuras desmontables ligeras para la construcción de barracones (Richardson 2015).

La empresa Christoph & Unmack, co-fundada en 1882 por otro danés en la ciudad de Niesky, Alemania, compró la licencia de esta patente para dar respuesta rápida a la necesidad de levantar barracones que albergaran tropas y hospitales de campaña del ejército prusiano. Su buen hacer les hizo merecedores de un premio nacional en 1885, y dos años más tarde comenzaron a aplicar sus técnicas constructivas también a las viviendas baratas.

El auge de este tipo de construcción de emergencia llegó con la carencia de viviendas tras la Primera Guerra Mundial. Christoph & Unmack Machinenfabrik, convertida en gran empresa tras su fusión con una industria ferroviaria y de motores eléctricos en

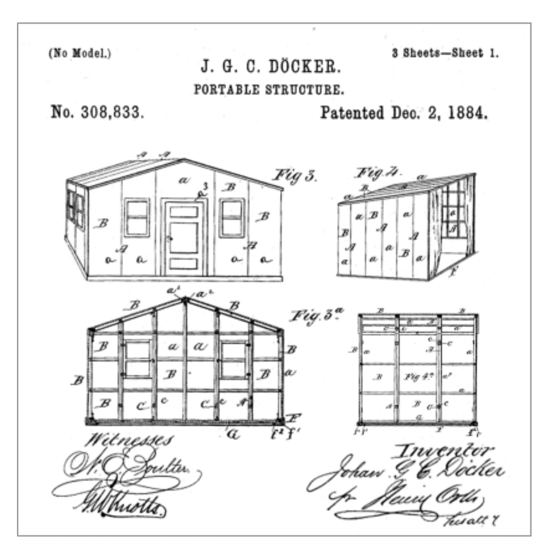


Figura 1.
Extracto de las ilustraciones en la patente estadounidense de Döcker, 1884. Fuente: elaboración propia a partir de United States Patent and Trademark Office, www.uspto.gov

1922, estaba en condiciones de producir a gran escala viviendas de madera estandarizadas, en una de sus cuatro divisiones productivas (las otras tres se encargaban de edificaciones con estructura metálica, barracones y trenes y motores), e incluso de contratar arquitectos con cierta fama para su diseño (Tomlow 2003).

Con la incorporación de Konrad Wachsmann (1901–80) en 1926, las casas de madera semi-prefabricadas (con sistemas estructurales *Balloon-frame* y *Platform-frame* importados de Estados Unidos), hasta entonces consideradas viviendas frágiles y perecederas, adquieren la dignidad de las construcciones convencionales (Pawley 1999)[1].

En esa labor de dignificación puso especial empeño Walter Gropius (1883–1969), que ya en 1910 había propuesto a la compañía AEG la creación de una división de vivienda. En 1926 Gropius planteó la sistematización de procesos y la modulación en sus modelos para la colonia Törten (Giedion 1954).

En la búsqueda de soluciones para la ciudad del futuro, el Director de la Staalische Bauhaus apostará, en su propuesta para el *Weissenhofsiedlung* de 1927, por la construcción modular con paneles ligeros y resistentes de corcho y fibra (aún montados, eso sí, sobre una estructura independiente, ligera, de metal).

Pero no será hasta 1931, en su diseño de la Casa de Cobre para la *Hirsh Copper & Brass*, cuando trabaje con paneles ligeros autoportantes con estructura de madera (Strike [1991] 2004: 142).

Para entonces, Wachsmann, arquitecto jefe de Christoph & Unmack, ya había levantado la vivienda de su cliente (y luego buen amigo) Albert Einstein en Caputh. Esta casa de madera, parcialmente prefabricada, situada en un precioso solar boscoso entre dos lagos, que iba a ser el regalo del Ayuntamiento de Berlín para el premio Nobel y navegante aficionado, se convirtió en la residencia habitual y más apreciada por Einstein durante el resto de su vida en Alemania (Gutiérrez 2013).

Los días en que la construcción industrializada de madera, ligera y económica, se consideraba de menor calidad, robustez o durabilidad comenzaban a llegar a su fin. Si algunos edificios construidos con elementos prefabricados, en principio efímeros, se han mantenido en pie hasta hoy, incluso tras décadas de abandono, es porque en su diseño se supo conjugar la ligereza con la resistencia y el aislamiento térmico en una combinación de materiales que llevaba estas ca-



Figura 2.
Restos del Hospital de la Colonia Industrial de Val Fosca (Catalunya), construido hacia 1911 por Christoph & Unmack según patente Döcker y abandonado durante décadas (a pesar de lo cual en 2015 continuaba en pie). Fuente: Sigrid Remacha

racterísticas a su extremo. Es en ese equilibrio audaz, no en la naturaleza de cada material por separado, en donde estriba su éxito.

El nazismo, que interrumpió temporalmente la carrera de arquitectos alemanes como Gropius y Wachsmann, provocó también su encuentro al otro lado del Atlántico. La experiencia práctica del minucioso Wachsmann y el saber proyectar del maestro Gropius se juntaron en 1941 para fundar conjuntamente en California la empresa *General Panel Corporation*, especializada en *Packaged House Systems* (PHS). Wachsmann , en su nueva empresa, se distanció de su trabajo en Christoph & Unmack en tres aspectos fundamentales: la estandarización, la modulación y los conectores.

En efecto, Christoph & Unmack ofrecía un catálogo con modelos terminados, algo que hubiera sido bien acogido por el mercado norteamericano de la postguerra. Recordemos que en esa misma época Bucky Fuller había desarrollado su *Wichita House* (1944), con un diseño innovador y futurista, pero nada abierto a personalizaciones del cliente (Fuller 1999). Wright, por su parte, soñaba con su Broadacre City (Stankiewicz 2017)**,** en donde a cada ciudadano correspondería un acre de terreno (poco más de 4.000m2) donde erigir su casa (para la cual el arquitecto estadounidense diseñó varios modelos con sus *Usonian Houses*).

Pero Gropius se rebelaba contra esa concepción estandarizada de la vivienda (que, con el tiempo, se ha visto que producía monstruosos barrios impersonales, de casas idénticas y calles obsesivamente repetitivas, que han sido popularmente bautizados como *Zombielands*).

Para él, la casa no era una máquina de habitar que pudiera fabricarse en serie como un coche, como propugnara Le Corbusier con su modelo Citrohan (1920–27), en el que hasta el nombre evocaba los Citroën montados en cadena para los ciudadanos franceses de clase media (Gardinetti 2012). El hogar de cada familia debiera reflejar, según Gropius, los gustos de sus habitantes; por eso el *General Panel System* no contemplaba un producto terminado único, y la estandarización no abarcaba totalmente los acabados de las casas.

La modulación, en Christoph & Unmack, seguía un estricto patrón de 50 o 55cm por 100 o 110, al que se adaptaban perfectamente las ventanas y puertas estándar construidas en Europa con escala métrica. En Estados Unidos, *General Panel* tuvo que adaptar esas medidas a pulgadas, obteniendo módulos de 40 (101,6 cm) que debían suplementarse ocasionalmente con otros de 4 pulgadas para ajustarse a los tableros americanos de 48 × 48 o de 24 × 48.

No obstante, la empresa alemana no utilizaba los paneles independientes con los que construía sus afamados hospitales para la edificación de casas privadas. Además de que éstas se prefabricaban con sistemas de fachada completa con estructura ligera de madera por plantas (*Balloon frame*) o abarcando toda la altura del edificio y cortando sus forjados (*Platform frame*), se producían, como hemos mencionado, en una factoría distinta de la que se encargaba de los hospitales con patente Döcker.

La gran aportación de Gropius para la *General Panel* fue trabajar precisamente sobre el elemento panel como célula base de la construcción; un panel autoportante, fácil de producir en serie, ligero para ser manipulado; un panel que incorporaba aislamiento e impermeabilización suficientes para cerrar espacios habitables que pudieran ser personalizados en su diseño y en sus acabados.

En cuanto a los conectores, Christoph & Unmack resolvía las uniones en sus hospitales panelados con simples tornillos. Esto permitía que cualquier persona, no especializada, pudiera encargarse de construir los pabellones (como era lógico para un contexto bélico de aplicación, en el que la urgente necesidad de hospitales de campaña iba pareja a la lógica falta de técnicos formados en el montaje de edificios complejos).

Gropius y, sobre todo, Wachsmann, tenían una visión mucho más tecnificada de la construcción. Cada uno de los detalles debía estar específicamente diseñado previamente, con una precisión que los hacía más perfectos cuanto más caros y difíciles de fabricar en serie. La obsesión de Wachsmann por conseguir uniones resistentes en tres dimensiones (que luego desarrollaría en sus complejas y famosas estructuras espaciales para la USAF, en 1951) sería, según algunos autores, una de las principales causas del fracaso de *General Panel* (Davies 2005) Wachsmann modificaba constantemente sus diseños, cada vez más complicados, inviables y tecnificados.

Podríamos decir que el *General Panel System* representaba una suerte de artesanía tecnologizada, que incorporaba soluciones y producción industriales. Los sistemas constructivos que empezaban a diseñar-

se por entonces, sin embargo, aspiraban a ser manifiestamente industriales, aunque, debido a la falta de medios adecuados, tenían que producirse en gran parte de modo artesanal.

Así, las *Meudon Houses* diseñadas por Prouvé en 1949 (Bergdoll y Christensen 2008, 116) para su autoconstrucción con paneles metálicos ligeros en habitáculos de 3x3 m2, aún con ese encanto del prototipo artesanal, representaban ya el embrión de lo que veinte años después sería la arquitectura *High-tech*, cara, complicada y poco vinculada a la naturaleza.

Los módulos de madera de la *General Panel*, sin embargo, resultan a la larga más satisfactorios para las actuales exigencias de sostenibilidad ambiental (emisión de CO_2 y kilómetro cero) e incluso técnicamente más eficientes (minoración de puentes térmicos, calidad del ambiente interior).

Nuevos contextos de aplicación de las soluciones constructivas con paneles ligeros: el sistema Matryoshka©

Setenta y cinco años después de que se produjeran los primeros diseños de la *General Panel* de Gropius y Wachsmann, la Universidad del País Vasco, UPV/EHU, ha patentado otro sistema de construcción con bastidores ligeros de madera rigidizados por tableros.

Edificios modulares de madera, en muchos aspectos herederos de los sistemas de *General Panel*, se producen hoy bajo la denominación MATRYOSHKA©, utilizando materiales del entorno, con mínimo impacto medioambiental y perfecto rendimiento higrotérmico. La característica común de todos ellos es el empleo de paneles modulados (en múltiplos de 1220 × 2440 mm^2 o 1250 × 2500 mm^2, medidas estándar de tableros), conformados por un marco de madera aserrada perimetral (construido con escuadrías estándar de 70x140 mm^2) y rigidizados por una plancha de madera laminada o de viruta prensada (OSB).

Los paneles MATRYOSHKA© son estructurales y de alta resistencia. Con ellos se han edificado prototipos de hasta seis plantas de altura, como el bloque de comunicaciones para el acceso a las Galerías Punta Begoña en Getxo (Bizkaia). Cada una de las seis plantas del pequeño edificio fue íntegramente montada en taller con módulos de 1220 × 2440 mm^2, aunque, por su uso, no fue necesario incorporar aislamiento a los mismos.

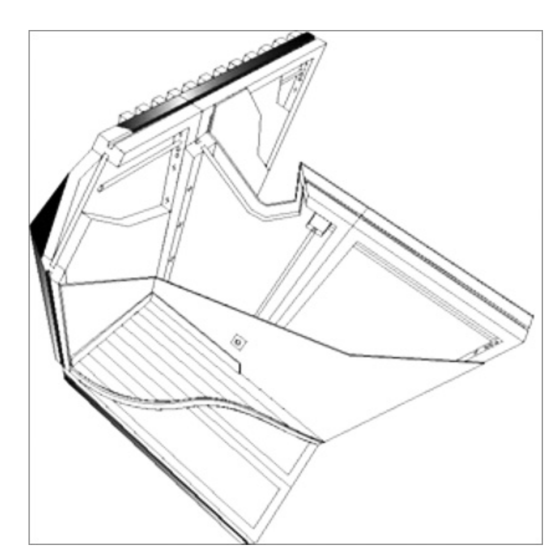


Figura 3.
Ilustración de la ficha de patente P201531482, inventada por Ander de la Fuente y solicitada por la UPV/EHU. Fuente: Ander de la Fuente



Figura 4.
Paneles MATRYOSHKA© en proceso de montaje. Se aprecian los marcos y tableros estructurales de OSB, el aislamiento incorporado en los cerramientos del fondo y la impermeabilización interior y de tabiques con lámina permeable al vapor ROTHOBLAAS©. Fuente: Ander de la Fuente



Figura 5.
Torre de acceso a las Galerías Punta Begoña en Getxo, Bizkaia. Fuente: Ander de la Fuente



Figura 6.
Sección de la torre de acceso a las Galerías Punta Begoña, pre-montada en los talleres de ZURTEK. Fuente: Ander de la Fuente

Las limitaciones de luces que pueda cubrir una estructura de paneles MATRYOSHKA©, construida con escuadrías de sólo 140 × 70 mm², pueden compensarse con la combinación de elementos, como se hiciera en el forjado de la sala Boulder que se montó con este sistema en el interior del antiguo cuartel de bomberos de Trapagaran (Bizkaia). Allí, los largos paneles de techo/suelo (siempre más estrechos, de medio módulo, pues exigen más resistencia a flexión) se montaron sobre guías de doble perfil 140 × 70. Así, la sección equivalente de las vigas, constituidas por cuatro cabios unidos, era, a efectos de cálculo, de 280 × 140 mm², más que suficiente para cubrir la luz que se precisaba para la sala exenta de columnas.



Figura 7.
Forjado de grandes luces realizado con el sistema MATRYOSHKA© en la sala Boulder de Trapagaran (Bizkaia). Fuente: Víctor Araújo

Los paneles MATRYOSHKA© proporcionan espacios confortables en condiciones climáticas rigurosas, como se ha podido testear en el refugio construido en la cima del monte Kolitza, en Balmaseda (Bizkaia). El aislamiento térmico que permiten los módulos de cerramientos posibilita que un espacio de 90 m² se caliente rápidamete tan sólo con una pequeña estufa de leña, incluso en las duras condiciones de montaña en invierno.

Pero, sobre todo, MATRYOSHKA© se ha convertido en una forma de intervención casi totalmente reversible sobre el patrimonio construido, proporcionando



Figura 8.
Espacio interior del refugio del monte Kolitza, realizado con el sistema MATRYOSHKA© en Balmaseda (Bizkaia). Fuente: Ander de la Fuente



Figura 9.
Espacio acondicionado con el sistema MATRYOSHKA©, como una caja habitada dentro de un edificio patrimonial sin condiciones para su uso actual (antiguo cuartel de bomberos en Trapagaran, Bizkaia, en proceso de obra). Fuente: Víctor Araújo

espacios acondicionados para las necesidades de confort actuales sin introducir cargas muertas en las estructuras existentes (ya que funcionan como apeos o apuntalamientos de los forjados existentes, transmitiendo al suelo sus propios pesos y sobrecargas).

La retirada de estos añadidos, de estas cajas de madera habitadas dentro de edificios inhabitables, si se diseñan adecuadamente, apenas dejaría ninguna huella sobre los mismos, permitiendo una eventual "des-restauración" inocua, a la par que un uso perfectamente pleno durante el tiempo en que estuvieran montados.

El sistema Matryoshka© como evolución, no como revolución

El sistema modular de paneles lígneos MATRYOSHKA© busca aprender de soluciones del pasado, como las de Döcker, *General Panel* o Prouvé; combinar materiales largamente testeados (cuyo comportamiento a largo plazo conocemos), y proponer alternativas para la construcción del futuro (preindustrialización, modularidad, edificación en seco, sostenibilidad medioambiental).



Figura 10.
Interior de un edificio patrimonial colonizado por estructuras modulares MATRYOSHKA©, que, aunque diseñadas para perdurar, podrían retirarse totalmente sin dejar huella (Galerías Punta Begoña, Getxo, Bizkaia). Fuente: Ander de la Fuente

MATRYOSHKA© es, efectivamente, resultado de una reflexión sobre algunas respuestas que se han dado, en el pasado, a ciertas necesidades que pueden ser perfectamente actuales.

Así, si Prouvé diseñó sus módulos ligeros, manipulables sin apenas medios auxiliares, para aplicarlos a la construcción de su propia casa en un escarpado solar en pendiente, los módulos MATRYOSHKA© buscan esas mismas características para poder ser introducidos por una sencilla puerta y construir un edificio dentro de otro edificio (como su nombre sugiere).

Del sistema patentado de Döcker (conocido en el mundo anglosajón con su homófono Doecker), MATRYOSHKA© adopta la simplificación máxima de los conectores entre paneles (sin las complicaciones que dieron al traste con el *General Panel System*). En ambos casos se trata de simples tirafondos, si bien en el más moderno éstos permiten un grado de unión entre piezas mucho mayor, hasta el punto de poder considerar dos montantes de bastidores contiguos como una sola viga o pie derecho a efectos de cálculo.

Del *General Panel System* toma la idea de centrarse en la optimización de los procesos de puesta en obra y en la industrialización de los paneles, no en la prefabricación casi completa de los edificios. Esto permite una libertad de diseño que no existía en los estandarizados productos del catálogo de Christoph & Unmack.



Figura 12.
Libertad de diseño con el sistema MATRYOSHKA©: interior de la sala Boulder en el antiguo cuartel de bomberos de Trapagaran, (Bizkaia). Fuente: Víctor Araújo



Figura 11.
Edificio para albergue de peregrinos en el Camino de Santiago construido con el sistema MATRYOSHKA© dentro de otro (antigua tenería en la calle de Curtidores de Estella-Lizarra, Navarra), del que se conserva su estructura preexistente sin someterlo a procesos de vaciado o fachadismo. Fuente: Jose Antonio Sanz

Frente al empeño en utilizar soluciones y técnicas innovadoras por el mero hecho de serlo, que es dominante en la arquitectura actual (aún influenciada por el *High Tech* o su cosmética variante *Eco Tech*), MATRYOSHKA© rescata la práctica de emplear materiales de calidad contrastada (como la madera), aplicada por Gropius y Wachsmann en *General Panel*. Los complejos paneles industrializados de Prouvé, combinando chapas de metal, vidrio y madera contralaminada, resultan hoy en día más audaces y sugerentes en su diseño que la fría lógica simple de Döcker, pero mucho menos eficientes para su producción en serie.

Mirando al porvenir, además, de las soluciones modulares industrializadas históricas mencionadas en este artículo sólo las construidas exclusivamente con madera cumplen adecuadamente con las exigencias de confort (aislamiento y calidad del ambiente interno) y de compromiso con la sostenibilidad del medio ambiente (huella de CO_2 y utilización de ma-



Figura 13.
Integración en la naturaleza y materiales locales sin apenas transformación en el refugio del monte Kolitza, Balmaseda (Bizkaia). Fuente: Ander de la Fuente

teriales locales sin transformaciones complejas) que caracterizan una filosofía de la edificación que probablemente condicione muy profundamente la arquitectura del futuro.

Gropius y Wachsmann supieron, como otros diseñadores (Prouvé, Fuller, Eames), dignificar el concepto de vivienda modular industrializada. Pero, a diferencia de estos otros autores, los alemanes intentaron resolver ese reto con sencillez, sin rechazar soluciones técnicas tradicionales (antes bien, reinterpretándolas) y sin necesidad de poner el acento en la modernidad y complejidad *High Tech* para lograr la dignidad y la máxima calidad en la construcción.

Entendieron que la necesidad de construir viviendas dignas, en un contexto de postguerra mundial en el que eran muy necesarias (como demostraba que la *National Housing Agency* destinara, en el año 1942, 153 millones de dólares para edificar 42.000 nuevas casas para veteranos combatientes), era parte de la misión social que atribuían a la arquitectura.

Sin embargo, al contrario que otros creadores como Le Corbusier, que buscaban la estandarización como reflejo de una sociedad igualitaria (o incluso alienante, como sucedió en las realizaciones de algunos de sus seguidores en el entorno soviético), entendieron que cada grupo familiar desea construir su hogar según sus necesidades y gustos, y no como mera "máquina de habitar" producida en serie.

El proyecto *General Panel Corporation* fracasó, además de por la innecesaria y progresiva complicación de las soluciones técnicas de Wachsmann y por problemas de financiación y de gestión económica de Gropius, porque el público norteamericano de la época gustaba de escoger su coche, su casa y sus muebles en un catálogo. El contexto europeo era, y sigue siendo, diferente. El concepto de autoconstrucción va unido, en nuestro entorno, a la libertad de diseño, no sólo al autoensamblaje.

Los paneles de la *General* eran rígidos en su métrica, pero su libertad de combinaciones daba pie a una forma no convencional de diseñar, a un lenguaje arquitectónico no muy distante del magistral dominio del módulo de Mies, pero con unos resultados notoriamente más habitables que los del maestro.

Quizás sea momento para poner al día la idea, aprendiendo de errores pasados.

Lista de referencias

Bergdoll, Barry, y Christensen, Peter. 2008. *Home delivery. Fabricating the modern dwelling*. New York: Museum of Modern Art.

Burón, Enrique, y Fernández-Ordóñez, David. 1997. Evolución de la prefabricación para la edificación en España. Medio siglo de experiencia. *Informes de la construcción, vol. 48, nº 448, marzo/abril 1997*. Madrid: CSIC. 19–33.

Davies, Colin. 2005. *The prefabricated home*. London: Reaktion Books Ltd.

Escrig, Christian. 2010. *Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados de hormigón*. Barcelona: UPC, Departament de Resistència dels Materials i Estructures en Enginyeria.

Fuller, R. Buckminster. 1999. *Your Private Sky: The Art of Design Science*. Joachim Krause y Claude Lichtenstein (eds.).

Gardinetti, Marcelo. 2012. *Le Corbusier, casas Citrohan. Idea y desarrollo de la máquina de habitar*. Tecnne, Arquitectura y Conceptos (ed.). http://tecnne.com/arquitectura/le-corbusier-casas-citrohan/ (en línea).

Giedion, Sigfried. 1954. *Walter Gropius. Work and Teamworks*. Architectural Press.

Gutiérrez, P. 2013. Una casa para Einstein: Konrad Wachsmann y la evolución de un modelo prefabricado desde las casas "Christoph & Unmack A.G." al "General Panel System". *Jornadas internacionales de investigación en*

construcción. Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. http://oa.upm.es/33369/1/INVE_MEM_2013_182128.pdf (en línea).

McHale, John 1966. *R. Buckminster Fuller*. México Buenos Aires: Editorial Hermes.

Montesinos, Anna I. 2014. El discurso de la bioconstrucción arquitectónica: divulgación y legitimación en revistas profesionales. *Cultura, lenguaje y representación / Culture, Language and Representation ˙ ISSN 1697–7750, vol. XIII \2014*. Revista de estudios culturales de la Universitat Jaume I / Cultural Studies Journal of Universitat Jaume I (ed.). 201–220.

Pawley, Martin. 1999. Konrad Wachsmann: the greatest architect of the twentieth century. *The Architects Journal*. https://www.architectsjournal.co.uk/home/konrad-wachsmann-the-greatest-architect-of-the-twentieth-century/775551.article (en línea).

Peraza, J. Enrique. 2007. La casa de Jean Prouvé, pionera en el uso de tableros contralaminados. *Boletín de información técnica, nº 247, mayo-junio 2007*. AITIM (ed.). 16–19.

Richardson, Harriet. 2015. Doecker portable hospitals. *Historic Hospitals*. https://historic-hospitals.com/2015/07/12/doecker-portable-hospitals/ (en línea).

Stankiewicz, Emilia. 2017. Frank Lloyd Wright's Broadacre City as a manifestation of American values of freedom and democracy. *Crossroads. A Journal of English Studies.* The University of Bialystok, The Faculty of Philology, Department of English (eds.). http://www.crossroads.uwb.edu.pl/frank-lloyd-wrights-broadacre-city-as-a-manifestation-of-american-values-of-freedom-and-democracy/(en línea).

Strike, James. [1991] 2004. *De la construcción a los proyectos. La influencia de las nuevas técnicas en el diseño arquitectónico. 1700–2000*. Barcelona: Editorial Reverté.

Tomlow, Jos. 2003. Industrialized log building by the Christoph & Unmack Company in Saxony (1907–1940). *Proceedings of the First International Congress on Construction History, Madrid, 20th–24th January 2003*. Madrid: Huerta, I. Juan de Herrera, SEdHC, ETSAM, A. E. Benvenuto, COAM, F. Dragados (eds.). 1989–1999.

La construcción de las bóvedas de la catedral de Mallorca: una revisión bibliográfica

Paula Fuentes
Anke Wunderwald

El interés por la catedral de Mallorca surgió en el siglo XIX.[1] En un primer momento fue investigado por representantes de la Ilustración española, que se dedicaron al estudio de las fuentes en los archivos eclesiásticos de la catedral, pero también a la historia de la construcción. Un punto central de interés fue la historia de la catedral.

Entre los primeros está, a comienzos del siglo XIX, Gaspar Melchor de Jovellanos un político con una amplia obra literaria. Fue ministro bajo Carlos IV y debido a sus opiniones políticas avanzadas fue confinado a Mallorca y desde 1802 hasta la abdicación de Carlos IV en 1808 fue preso en el Castillo de Bellver (Bejarano 2008). Prendergast (2014, 84) anota irónicamente que el preso tenía una vista directa a la catedral. Las investigaciones respecto a la catedral fueron publicadas después de su muerte con notas de Antonio Furió y Sastre en el año 1832 con el título *Carta histórico-artística sobre el edificio de la Iglesia Catedral de Palma en Mallorca* (Jovellanos 1832).[2] En el estudio se encuentra un muy breve vaciado de los libros de fábrica de la catedral y observaciones sobre todo respecto a los sepulcros además de una descripción del edificio con relación a datos históricos. Es de destacar el interés por los procesos constructivos y la organización de la obra reflejados en las fuentes. Lamentablemente se hallan pocas referencias a las bóvedas de la catedral, pero se describen los escudos de las claves en relación a la historia de la construcción y la financiación de las obras (Jovellanos 1832, 9).

Después de este primer vaciado respecto de las fuentes, es uno de los representantes más destacados de la investigación histórica en España y de la Ilustración, Jaime Villanueva, quien estudia los archivos en Palma. Sus investigaciones marcaron un antes y un después en la historiografía eclesiástica del siglo XIX y se convirtió en uno de los autores más citados. En el tomo 21 del *Viaje literario a las iglesias de España* investiga, según sus propias palabras durante 32 días en el año 1814, la historia de Mallorca desde su conquista en el siglo XIII (Villanueva 1851, vol. 21: 18). Estas investigaciones fueron publicadas después de su muerte en el año 1851. A la construcción de la catedral a partir de la mitad del siglo XIII dedica breves menciones en su carta CXLVII que fecha el 15 de marzo 1814 (Villanueva 1851, vol. 21: 94–122). Las observaciones in situ del autor se combinan con noticias de los libros de fábrica y otras fuentes sobre la financiación de la obra y sus arquitectos. Cabe destacar que Villanueva es el primero en anotar abundantes fechas concretas para los procesos constructivos. Respecto a la ejecución de las bóvedas cita de las actas capitulares de julio 1377: «Estaba esta todavia muy atrasada, como que no se habia construido aun la segunda bóveda transversal. … Estaba todavia por concluir en el mayo de 1379. Tambien estaba por hacer en 1385 la bóveda que cae delante la capilla de Santa Ana, cuando á 16 de agosto concedieron el Obispo y Capítulo que se púsiesen en su llave las armas de Jaime Riquer (Act. cap.). … Volviendo á la obra, era ya su maestro mayor en 1389

Guillermo Ses Oliveres, y lo era todavia en 1397, en cuyo tiempo siguió la obra de las bóvedas transversales». (Villanueva 1851, vol. 21: 108–109)

En la amplia obra del escritor del Romanticismo Joaquín María Bover i Roselló sobre las Islas Baleares, la catedral de Mallorca ocupa menos espacio. En 1841 publicó un artículo en la revista *Seminario Pintoresco Español* dónde da una muy breve descripción del edificio (Bover 1841).

Ya más avanzado en el siglo XIX fue Pablo Piferrer quien retomó el hilo de las investigaciones de Jovellanos y Villanueva.[3] Su texto va acompañado por litografías del pintor Francisco Javier Parcerisa quien inició la serie *Recuerdos y Bellezas de España* en 1839 (Ariño 2007, 37). Ambos viajaron juntos a la isla balear y el tomo de Mallorca fue editado en el año 1842. Piferrer dedica el capítulo tercero de la segunda parte a la descripción e historia de la catedral de Mallorca.[4] En el Anejo se encuentran varias páginas con algunas transcripciones de los libros de fábrica.[5] Las bóvedas se mencionan respecto a la impresión de grandeza que da la catedral: «La idea general del templo es grande y atrevida, la impresión primera fuerte y sublime; mas cuando los ojos se han familiarizado con las arrojadas bóvedas y delgados pilares, la triste desnudez, que en casi todas partes reina, disminuye la ilusión, y priva á la fábrica de un interés progresivo». (Piferrer 1842, 152. Piferrer y Quadrado 1888, 698). En esta cita se refleja el tono romántico del volumen y cabe destacar que Piferrer es uno de los primeros en comparar la catedral de Mallorca con la catedral de Gerona (Piferrer 1842, 151). Al contrario de Juan Agustín Ceán Bermúdez no ve Pisa como lugar de origen del primer arquitecto de la catedral de Mallorca, sino un maestro formado en el reino de Aragón o Provenza (Piferrer 1842, 168; Llaguno y Ceán-Bermudez 1829, 1: 51).

En un breve artículo de Juan O-Neille el autor ve tanto semejanzas como diferencias entre las catedrales de Mallorca y Gerona (O-Neille 1886, 132). Ofrece una defensa del estilo gótico contra las intervenciones de los siglos XVII y XVIII en la catedral de Mallorca. Para demostrar la importancia del edificio en el contexto europeo destaca que es ligeramente más alta que la catedral de Amiens (O-Neille 1886, 145) y añade varias páginas con una lista de medidas de diferentes partes de la catedral desde la nave central hasta una figura la Virgen (O-Neille 1886, 136–39).

El coronel Lenox Prendergast viajó a Mallorca en el año 1892 y poco después dio una conferencia sobre su viaje en el Royal Intitute of British Architects el 13 de febrero de 1893 que fue publicado en el mismo año en la revista de la institución (Prendergast [1893] 2014). En primer lugar su interés se dirigió hacia las ceremonias litúrgicas de la catedral de Mallorca. Pero también dedicó algunas páginas a sus observaciones respecto a la construcción de la catedral. Es uno de los primeros investigadores en dar medidas de la catedral y comparar la sorprendente altura con la catedral francesa de Beauvais (Prendergast [1893] 2014, 70 y 85). El autor mismo advierte que una gran parte de sus conocimientos se basa en varios escritos de Jovellanos y publicaciones como las de Street (1865) y Piferrer (1888). Dedica un especial interés al estado de la catedral y a la lonja en la ciudad de Palma (Prendergast [1893] 2014, Annex documental, 91–97). Menciona las bóvedas derrumbadas en la parte occidental de la catedral a finales del siglo XVII, cuya caída, según él, se podría haber evitado con una más cuidadosa ejecución en el momento de su primera construcción (Prendergast [1893] 2014, 85). El resto de las bóvedas sólo las menciona respecto a la financiación de las obras en la catedral, porque –basándose en los estudios de Gaspar Melchor de Jovellanos– familias ricas podían poner sus escudos en las claves u otros lugares de la catedral a cambio de una donación (figura 1). También reitera que debido a esta costumbre fue posible seguir las fechas de las obras (Pendergast [1893] 2014, 84).

Basándose en los estudios publicados durante el siglo XIX Francisco Casanovas y Gorchs presentó al final del siglo una primera monografía de la catedral de Mallorca que a la vez sirve como un primer estado de la cuestión teniendo en cuenta los autores Jovellanos, Villanueva, Piferrer, Quadrado, Bover y otros (Casanovas y Gorchs 1898). Ilustrado con fotografías y dibujos ofrece una historia del edificio y su equipamiento. Casanovas comienza su estudio de la historia de la construcción con detalladas reflexiones sobre las bóvedas en la capilla real y en el primer tramo de la nave central (1898, 6–7). Sus teorías sobre el avance de las obras desde 1230 hasta finales del siglo XVI se basan en las fuentes, especialmente en las actas capitulares y los libros de fábrica del siglo XIV y XV.[6] En este contexto da a conocer los nombres de los maestros que intervinieron en la construc-

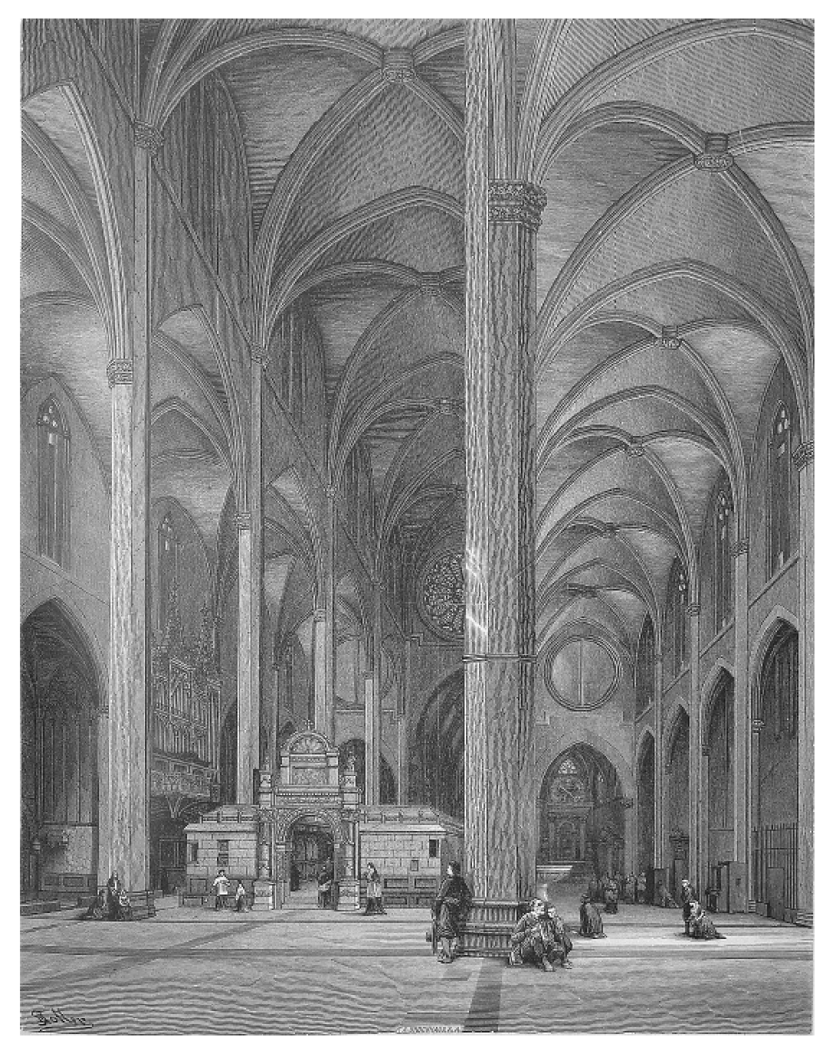


Figura 1
Imagen interior de la catedral de Mallorca (Erzherzog Ludwig Salvator 1897, vol. 1)

ción y las fechas de sus intervenciones en las diferentes partes de la catedral. Como Piferrer, se inscribe dentro del Romanticismo y siente un «ardor sublime», evocando el resplandor de la música sagrada en las paredes del templo (1898, 26). La descripción de la catedral va acompañada de una serie de medidas de diferentes partes del edificio (1898, 27). Generalmente se abstiene de clasificar el estilo constructivo en las corrientes estilísticas y su comparación con la catedral de Gerona se limita a una observación acerca de la parecida separación entre capilla real y nave central (1898, 26). El gran mérito de Casanovas es juntar los conocimientos hasta finales del siglo XIX sobre la catedral de manera sistemática y minuciosa.

La investigación internacional se interesa también a partir de la segunda mitad del siglo XIX por la arquitectura de la catedral de Mallorca. En Alemania son Georg Dehio, historiador del arte y su colega y arquitecto Gustav von Bezold quienes dedican en su colección sobre la arquitectura sacra eu-

ropea el séptimo capítulo a España y Portugal. Exponen unas breves consideraciones sobre la inclusión de la catedral mallorquina en el alto gótico en relación con el sur de Francia (Dehio y Bezold 1898, vol. 2: 260–262). Parten su estudio de las publicaciones del Archiduque Luis Salvador de Austria sobre las Islas Baleares (Erzherzog Ludwig Salvator 1897, vol. 1: 426) quien piensa que la obra catedralicia comenzó inmediatamente después de la conquista por Jaime I. Al contrario del Archiduque los autores Dehio y Bezold se pronuncian por una datación más tardía en el siglo XIV. Ellos ven en la arquitectura catalana de esta época lo más avanzado en la península ibérica, formando un grupo las catedrales de Barcelona, Gerona y Mallorca. Discuten la importancia del maestro Jaime Fabre para la invención del nuevo sistema arquitectónico. Debido a la falta de más datos en las fuentes se pronuncian a favor de Gerona respecto al origen de la planta del presbiterio. Para remarcar la extraordinaria altura de Mallorca la comparan con la nave central y las naves laterales del duomo de Florencia comenzado en la mitad del siglo XIV.

Primera mitad del siglo XX. Monografías sobre la catedral e hipótesis sobre la nave única

La tendencia a discutir la arquitectura de la catedral en base a observaciones, mediciones y comparaciones aumenta a comienzos del siglo XX. Un buen ejemplo de ello es un artículo amplio sobre la construcción de la catedral de Juan Rubió Bellver en el *Anuario de la Asociación de Arquitectos de Cataluña*

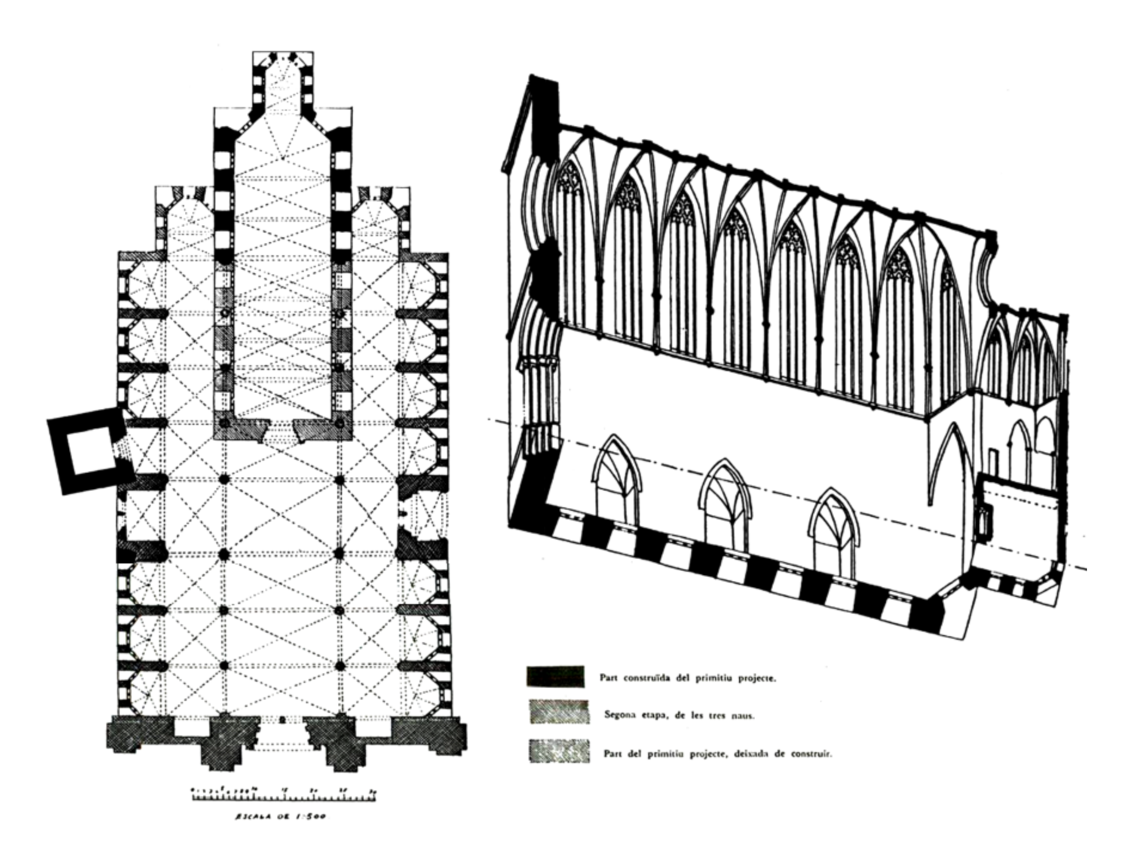


Figura 2
Hipótesis sobre el proyecto de nave única (Forteza 1984)

(1912) y un artículo sobre la datación de la catedral de Forteza (1929).

Rubió compara la catedral de Mallorca con muchas iglesias del gótico europeo y destaca su importancia estilística y sus extraordinarias medidas (Rubió 1912, 89–91). Para ilustrar su singularidad propone cuatro grupos para clasificar los alzados góticos y publica 13 dibujos con media sección de la catedral de Mallorca contra media sección de edificios religiosos en España, Francia, Alemania e Italia.

Forteza es partidario de una datación tardía en el último tercio o cuarto del siglo XIII para el comienzo de las obras (1929, 504) como templo con nave única (figura 2). Por razones estructurales llega a la conclusión que dicha planta de nave única fue transformada en una de tres naves por razones representativas (1929, 511–12).

La investigación norteamericana comienza a interesarse tarde por la catedral de Mallorca. El arquitecto Ralph Adams Cram escribe en 1932 una breve monografía. Lamenta que los arquitectos británicos, como el gran representante del gótico victoriano George Edmund Street (1865), sólo dedicaran breves consideraciones a la catedral de Mallorca. Intenta dar a conocer un significante ejemplo del gótico a la investigación internacional (Cram 1932, v). Basa sus estudios en Piferrer/Quadrado (1888) y Rubió (1912) y con el apoyo de la Medieaval Academy of America se hacen nuevas mediciones en la catedral que junto con las fotografías publicadas, son una importante muestra del estado en que se halla la construcción en los años treinta (figura 3). Cram destaca que el estilo de la catedral de Mallorca se inscribe dentro de un grupo estilístico formado por las catedrales de Barcelona y Gerona, las iglesias barcelonesas Santa María del Mar y Santa María del Pino y templos en Manresa y Perpiñán (1932, 6). Sin entrar en detalles califica las bóvedas como extraordinariamente finas y construidas con un gran conocimiento de estereometría, siendo de origen francés sus formas conoidales y sus delgados nervios (1932, 7–8).

Volviendo de nuevo a España, Gabriel Alomar, en su condición de arquitecto, hizo la restauración de la capilla de la Trinidad y, además del libro sobre Guillem Sagrera, tiene algunos trabajos publicados sobre la catedral. Alomar (1949) apenas hace alusión a la historia o la construcción de la catedral, y desde luego no hace referencia a las bóvedas. Se limita a hablar de los monumentos sepulcrales y la restauración de la capilla de la Trinidad. Sin embargo, en 1995, sí hace una breve introducción sobre la historia de la catedral, y resalta la figura de Durliat como el histo-

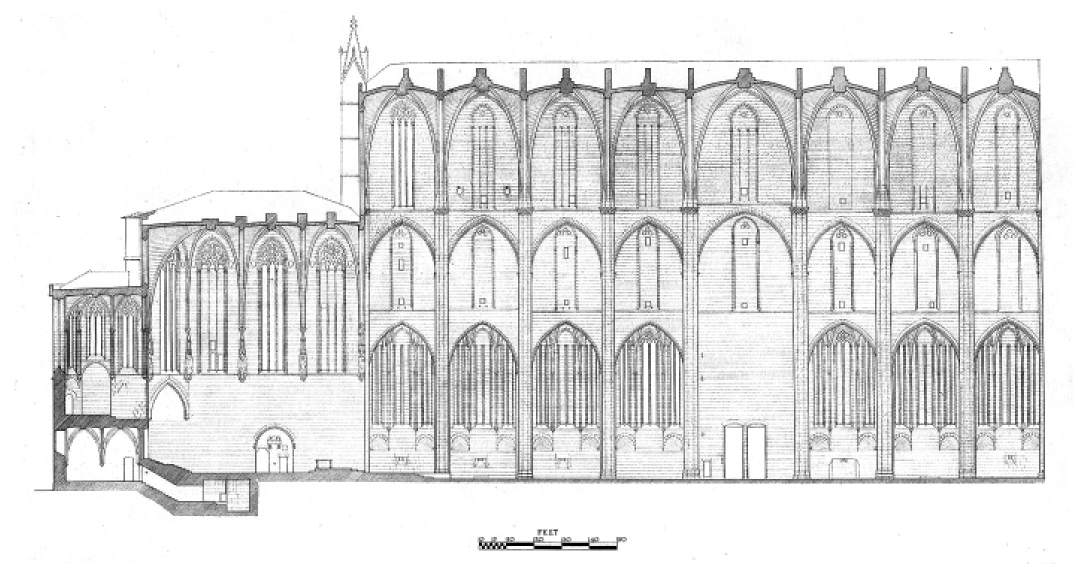


Figura 3
Sección longitudinal de la catedral (Cram 1932)

riador gracias al cual podemos establecer una cronología del edificio. (Efectivamente, en 1949, Durliat todavía no había publicado sus investigaciones sobre la catedral). Alomar hace algunas alusiones a la construcción, una de ellas es acerca de las ménsulas situadas sobre el arco de entrada a la capilla del Corpus Christi. Sugiere que estas ménsulas servían de apoyo a la techumbre de madera provisional que se construyó entre la capilla real y la mezquita. Sobre los precedentes de la catedral, asegura que la forma de cabecera sin girola y compuesta por tres ábsides paralelos fue ideada por los arquitectos de Jaime II, y que forma parte del proyecto original, al igual que la iglesia de tres naves. Rechaza así la hipótesis de Forteza sobre el proyecto de nave única (Alomar 1995).

En 1958 Matheu dedica un apartado a la catedral en *Palma de Mallorca Monumental*. Al año siguiente publica una breve monografía titulada *La Catedral de la Luz* (Matheu 1959).

Baltasar Coll, canónigo-director del Museo Capitular escribe en 1977 un pequeño libro en el que hace una descripción de la catedral con una historia resumida. Hace valoraciones sobre el edificio, en la línea de Durliat: «De hecho, la cabecera tiene todo el aspecto de estar constituida en su exterior por estructuras adheridas, y es evidente que, entre ella y el cuerpo del edificio, no existe la secreta armonía de masas propia de un edificio concebido en unidad orgánica». (Coll 1977, 21). Al hablar sobre las características arquitectónicas, da muchos datos sobre el edificio, entre otros la superficie en planta y el volumen que alberga, además de las dimensiones de cada uno de los elementos. Compara además las dimensiones de altura y anchura de nave central y laterales con otras catedrales góticas europeas, números que «manifiestan la superioridad del organismo mecánico de la catedral de Mallorca». (Coll 1977, 38). Hace también referencia a la esbeltez y escaso número de pilares. Igual que Rubió, al que demuestra haber leído detenidamente, compara su esbeltez geométrica (altura/ diámetro de la circunferencia inscrita) con la de los pilares de otras catedrales (Salamanca, Amiens, Colonia, Reims…).

El estudio del gótico catalán como movimiento autónomo

El interés por el arte catalán despierta en Francia a raíz de la *Fondation Cambó* en la Universidad de la Sorbona que fue fundada en Paris en el año 1929 por el político y coleccionista Francesc Cambó. Por ello no extraña que Pierre Lavedan, quien presenta una primera aportación a la arquitectura gótica en Cataluña, Valencia, Islas Baleares y sur de Francia dedique su libro al famoso arquitecto catalán Josep Puig i Cadafalch, presidente de la Mancomunidad de Cataluña durante unos años. El historiador y urbanista francés se inscribe dentro del catalanismo cultural y ofrece así uno de los primeros estudios sobre la arquitectura gótica catalana. El autor llama a su campo de interés «l'architecture gothique catalan» y destaca la individualidad del estilo en relación al gótico francés. Hay que considerar como muy avanzado en el discurso que piensa en influencias mutuas entre Francia y Cataluña (1935, 6). A parte de los monasterios cistercienses presenta las catedrales de Tarragona, Lérida, Valencia, Barcelona, Manresa, Tortosa y Gerona. En el capítulo IV de la segunda parte (1935, 162–178) hace una breve descripción en relación con Santa María del Mar en Barcelona y la iglesia de Santa María de Castellón de Ampurias. Se basa principalmente en los estudios de Cram (1932) y Rubió (1912). Curiosamente acepta la observación de Forteza (1929, 509) de un cambio de proyecto desde una iglesia de una sola nave a tres naves en Mallorca, pero no llega a la misma conclusión sobre el comienzo de la obra (Lavedan 1935, 164). Mientras el arquitecto Guillem Forteza (1929, 503) citando a los estudios de Villanueva (1851, 102) y basándose en propias observaciones descarta que el comienzo de las obras fueraya en 1230, Lavedan (1935, 164) mantiene que fue Jaime I quien comenzó a construir la catedral y piensa que en la época de Jaime II se cambió el plan inicial.[7]

Leopoldo Torres Balbás fue el encargado de redactar el volumen dedicado al gótico del *Ars Hispanie*. En él dedica un apartado a la arquitectura gótica catalana en el que incluye la catedral de Mallorca. Considera que «por su audacia constructiva, el sentido espacial de su interior, y la desnudez y sequedad de sus superficies, representa la última etapa de la evolución de los templos de Cataluña y el mediodía de Francia» (Torres Balbás 1952, 217). A pesar del interés que siempre muestra Torres Balbás por los aspectos constructivos, no aporta en este caso muchos datos sobre la catedral. Insiste en las grandes proporciones del edificio, da sus dimensiones generales y las compara con otros templos góticos. Hace una descripción histórica, basada

en trabajos anteriores. En cuanto a los aspectos formales, hace una valoración negativa del aspecto exterior (figura 4): «El exterior de este gran templo resulta confuso y monótono, por la repetición de los contrafuertes, muy próximos, y el mal atado de la capilla de la Trinidad con la Real y de ambas con el cuerpo de las naves, de las que quedan desligadas». (Torres Balbás 1952, 217). Del interior valora especialmente la amplitud y la esbeltez «casi inverosímil» de los pilares ochavados.

En el libro sobre bóvedas góticas de Norbert Nußbaum (1999), se cita brevemente la arquitectura gótica catalana. Destaca los espacios amplios y luminosos característicos de esta arquitectura, así como las cubiertas aterrazadas y las ánforas en los rellenos de las bóvedas. Al tratar de la catedral de Mallorca, como Durliat, vuelve a hablar de gigantismo, y del «precio a pagar» por semejante atrevimiento. Este precio a pagar es para él el aspecto exterior, la gran masa necesaria en los contrafuertes para contrarrestar los empujes de las grandes y altas bóvedas. Hace referencia de nuevo a la gran altura y la esbeltez de los pilares y considera que se encuentra prácticamente al límite de la técnica.

El estudio sistemático de las fuentes en el siglo XX: Durliat, Sastre y Domenge

El trabajo de Marcel Durliat (1962) aporta muchos datos novedosos en base a una lectura de las fuentes históricas. Por un lado, en cuanto a la datación de las diferentes partes y por otro, en aspectos relativos a la construcción. Según Durliat el proyecto sufrió varias modificaciones, pasando de una iglesia de una nave (la capilla real) a una de tres, y la decisión de elevar las naves por encima del ábside, lo que provoca una falta de unidad en el proyecto final: «Cette fièvre de



Figura 4
Imagen de la catedral desde el mar (Foto: R. Wieczorek 2017, BTU Cottbus - Senftenberg)

gigantisme qui gagna alors le chantier explique aisément l›absence de liaison entre la nef et le chevet de la cathédrale, qui est sensible à l›observateur le moins averti: les deux corps, apparemment étrangers l'un à l'autre, se juxtaposent sans créer la combinaison harmonieuse des masses qui caractérise un édifice conçu dans son unité organique» (Durliat 1962: 161). Además de la consulta de las fuentes, Durliat estudia el propio edificio, advirtiendo algunas de las evidencias de estos cambios en la propia fábrica, como el arranque de un nervio de la primera bóveda lateral norte antes de decidir el cambio de altura (figura 5).

Vuelve a advertir la enorme esbeltez de los pilares y su similitud con los de Santa María del Mar. En este sentido niega que los dos edificios sean fruto de la misma mano. Otros autores sí consideran la posibilidad de que Berenguer de Montagut, arquitecto de Santa María del Mar colaborara en la catedral de Mallorca (Carrasco 2002, 134–36). Durliat, citando a Lavedan (1935, 166) advierte que, junto a Santa María del Mar, es el edificio que consigue mayor espacio útil a tan bajo coste, pero que lo hace a costa de disminuir la seguridad.

El historiador medieval mallorquín Jaume Sastre Moll estudió las fuentes escritas de los archivos mallorquines. Su amplio estudio de los libros de fábrica enfoca la construcción de la catedral de Mallorca en los años 1390 hasta 1430 estudiando la financiación de las obras y los comitentes como la ejecución de las obras por maestros, artistas, obreros y otros colaboradores (Sastre 2007).[8] A parte de su estudio de los avances constructivos en esta época hace una parcial transcripción de los libros de fábrica con un detallado registro no sólo topográfico, onomástico y por temas que facilita sustancialmente la búsqueda de información.

Más recientemente Joan Domenge ha estudiado tanto los libros de fábrica como otras fuentes documentales. Sus investigaciones se recogen en un gran número de publicaciones. En el libro *L'obra de la Seu* aborda la construcción de la catedral durante el siglo XIV. En otros trabajos se acerca a la obra posterior, como la construcción de los tramos 3º y 4º entre los años 1400 y 1460 (Domenge 2010), o trabajos más generales como Tres siglos de obras en la catedral (ss. XIV-XVI). Domenge también realizó el estudio histórico incluido en el informe de la Universidad Politécnica de Cataluña (2003; 2006–08).

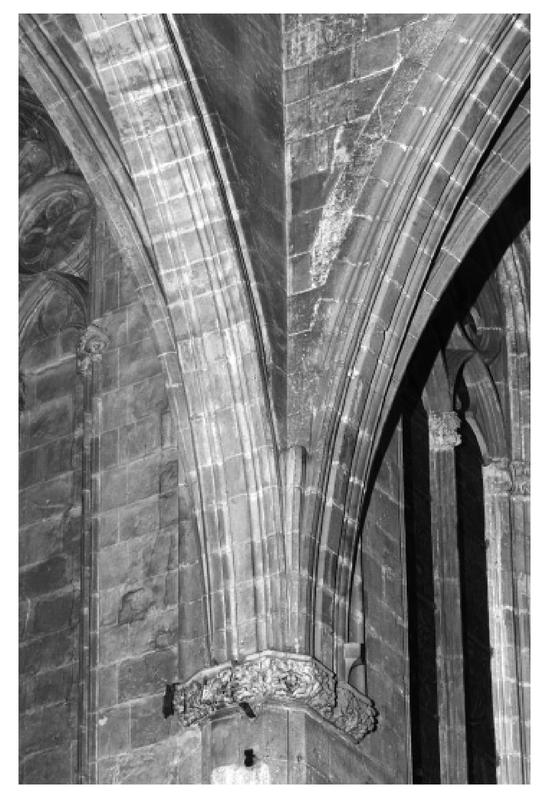


Figura 5
Arranque de un arco para una bóveda por debajo de la altura de la actual, en el primer tramo de la nave norte (Foto: R. Wieczorek 2017, BTU Cottbus - Senftenberg)

Estudios recientes sobre la construcción

Los estudios específicos sobre la construcción, y particularmente sobre las bóvedas de la catedral de Mallorca aparecen sobre todo a partir de 2000. Existen algunos estudios anteriores muy minuciosos sobre la construcción de bóvedas en Cataluña que sin embargo apenas hacen mención a la catedral mallorquina. Juan Bassegoda (1989), en su condición de arquitecto restaurador de edificios como la catedral de Barcelona, Santa María del Mar o la catedral de Tortosa, tuvo la oportunidad de analizar de cerca estos edificios, y describe sus bóvedas, haciendo especial hincapié en el uso de materiales cerámicos (ánforas y otros utensilios de mejor tamaño) en los rellenos. El énfasis que hace en la relación de estas bóvedas con las romanas se hace patente en la Memoria de 1977

Bóvedas medievales a la romana (publicado posteriormente en forma de libro *La cerámica popular en la arquitectura gótica*). Describe la construcción de bóvedas romanas, con la inclusión de ánforas y otros elementos cerámicos en las enjutas y la reutilización de estas técnicas constructivas durante la Edad Media. Aunque Bassegoda se centra especialmente en Cataluña, hace referencia a la catedral de Mallorca cuando habla de los muros de piedra colocados sobre los arcos perpiaños, con una función de dar estabilidad a la fábrica, y que aparecen también en las iglesias de Santa María del Mar y Santa María del Pino. También menciona Mallorca al tratar el tema del comportamiento mecánico. En la catedral de Mallorca se encontraron ánforas en los rellenos de la bóveda de la sala capitular gótica, en unas obras llevadas a cabo por el arquitecto Guillermo Reynés (González 1987; 1995).[9]

Entre 2003 y 2008 la Universidad Politécnica de Cataluña llevó a cabo un estudio de la catedral y realizaron algunos ensayos, calas y una monitorización del edificio.

En la tesis doctoral de José Carrasco (2002) se aborda el tema del gótico catalán, y especialmente el de sus cubiertas, desde diferentes puntos de vista. Además del contexto histórico y el aspecto estético y visual de estos edificios, trata temas más técnicos, como las unidades de medida, la geometría o la estabilidad de estos edificios. Carrasco toma medidas de la catedral de Mallorca, llegando a interesantes conclusiones sobre la geometría de los arcos y de las bóvedas.

Con motivo de la exposición *Una arquitectura del gótico mediterráneo* se realizó una publicación con el mismo nombre. En lo que se refiere a la construcción de bóvedas, y especialmente a la catedral de Mallorca, hay que llamar la atención sobre el texto de Arturo Zaragozá. En él se busca de nuevo, como hacían Torres Balbás (1952) y Bassegoda (1977; 1983), la relación entre la arquitectura romana y el gótico mediterráneo: «La historia muestra como las novedades técnicas y formales del norte francés llegaron al Mediterráneo en el siglo XIII injertándose en las poderosas tradiciones constructivas locales. Ello dio lugar a un arte mestizo que, acaso, solo en nuestra época, estamos en situación de apreciar». (Zaragozá 2003, 108). En la arquitectura romana encontramos técnicas que se utilizarán de manera muy habitual en los edificios de los siglos XIV y XV, como el uso de ánforas en los riñones de las bóvedas. Pero el gótico mediterráneo no bebe de la arquitectura romana sólo en lo que se refiere a las técnicas constructivas, también en las formales, como la búsqueda de grandes espacios diáfanos (Zaragozá 2003, 176).

Zaragozá hace referencia a la catedral de Mallorca dentro de este contexto. Y en este sentido hace alusión a la construcción de bóvedas de crucería, con plementería de piedra sobre nervios moldurados. Enumera como características comunes el rampante llano, los arcos cruceros en ojiva, la regularidad de las plementerías y la existencia de grandes claves, considerando esta última la característica más original de estos edificios.

Alude en otras ocasiones a la catedral. Al hablar de la estereotomía de la piedra pone como ejemplo, entre otros, las trompas de la capilla de la Trinidad, del aparejo de los pilares en lo que se refiere a los procesos de estandarización, o del uso de *contramollos* (o anteplantillas) utilizados en cantera para obtener el sólido capaz de las piedras que se iban a colocar en obra, y reducir así el peso de la piedra para el transporte.[10]

Cuando habla de la experimentación estructural durante el siglo XIV, asegura que en algunos de estos edificios se llevan al límite los valores de resistencia mecánica de las fábricas, pero que no es un atrevimiento gratuito, sino el resultado de una intensa experimentación (Zaragozá 2003,176). Para él, el problema no es tanto de cálculo de resistencia del material como de la precisión en la puesta en obra.

Estudios estructurales

La catedral de Mallorca ha provocado a menudo el asombro de historiadores y arquitectos en lo que a su comportamiento estructural se refiere. Se ha hablado en numerosas ocasiones de los diferentes colapsos de bóvedas para poner de manifiesto las «condiciones límite» de las que muchos autores hablan. Los trabajos específicos que valoran la estabilidad de la catedral se han abordado a lo largo de la historia desde muy diferentes enfoques (análisis límite, modelos fotoelásticos, elementos finitos…).[11]

El primer análisis de estabilidad que se conoce sobre la catedral de Mallorca es el publicado Rubió Bellver (1912). Rubió subraya en numerosas oca-

siones al descuerdo que se produce entre los trazados geométricos del edificio y las curvas mecánicas: «Este desacuerdo entre las formas geométricas de los arcos, de los aristones y de las bóvedas con los trazados mecánicos de su equilibrio, es uno de los defectos capitales del arte gótico». (Rubió 1912, 101–02). Con este motivo, afirma, hubo que recurrir a la colocación de los grandes pesos que aparecen en el trasdós (sobre las claves de las bóvedas y sobre los arcos perpiaños) para que las claves no se levanten. El arquitecto hace un análisis de un tramo tipo de la catedral utilizando la estática gráfica (figura 6). Se queja a menudo de las dificultades que le ha supuesto encontrar una solución de equilibrio. Rubió concluye que, dada la gran desproporción entre el empuje de la nave mayor y la nave menor, no es posible que la resultante de las fuerzas baje vertical por el pilar. Sin embargo la resultante queda muy centrada en la base. No ocurre lo mismo en la base del estribo, donde la línea de empujes se aproxima demasiado al extremo. [12]

Carrasco (2002) realiza también un estudio por estática gráfica, con el que mejora ligeramente la situación con respecto a Rubió. La resultante sigue aproximándose más de lo deseable al borde del estribo. El autor lo justifica por las «condiciones límite» de esta obra.

A partir de los años 70, Robert Mark analiza una serie de catedrales utilizando métodos fotoelásticos. Considera la catedral de Mallorca un ejemplo importante a analizar tanto por su tamaño como por la esbeltez de sus pilares. En sus conclusiones obtiene una resultante sin apenas excentricidad en los pilares, con una baja tensión de compresión en su base, inferior a la de otras catedrales góticas. Su modelo detecta problemas en los arbotantes, y considera que su forma es inadecuada.

A partir de los trabajos realizados por la Universidad Politécnica de Cataluña se han publicado una serie de análisis estructurales de la catedral. En Roca (2001) se recoge un primer estudio de estabilidad de la catedral. Se subrayan en este trabajo las deformaciones y grietas visibles en el edificio. Más adelante, en Roca et al. (2013) se completa el trabajo realizando un modelo de elementos finitos con la particularidad de que el modelo recoge los estadios intermedios de la construcción de un tramo tipo. Según este análisis, el tramo sería estable en todos los estadios intermedios sin necesidad de tirantes u otros elementos

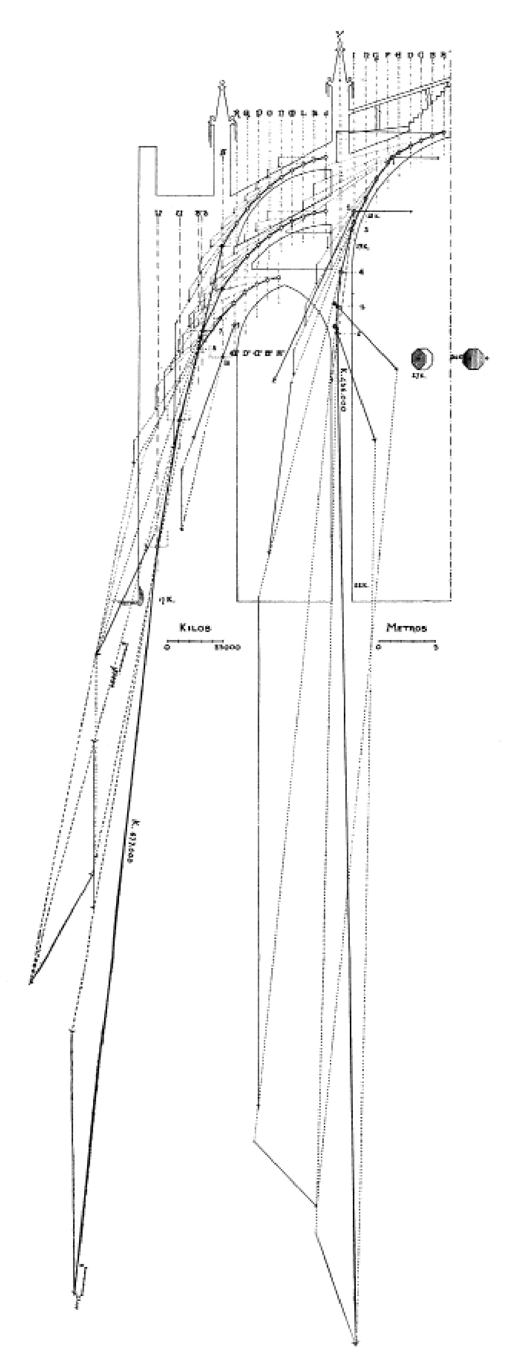


Figura 6
Análisis de Rubió Bellver de la catedral de Mallorca utilizando estática gráfica (Rubió 1912)

auxiliares que recojan el empuje, siempre que se considere una pequeña resistencia a tracción, que en este caso se ha tomado como un 5% de la resistencia a compresión. El estudio recoge también un análisis de estabilidad frente a sismo.

En 2016 se publica un artículo que recoge un análisis, también mediante un modelo de elementos finitos, sobre el efecto de los tirantes provisionales en las naves laterales de la catedral (Pelá et al. 2016).

El último análisis de estabilidad de la catedral ha sido realizado por Santiago Huerta (2017) en un informe encargado por el Cabildo. Para este análisis se realizó un levantamiento específico, en el que se recogía la forma precisa del edificio, y especialmente de los desplomes de pilares y contrafuertes.[13] Tal y como recoge el informe, las deformaciones medidas son «pequeñas», alrededor del 1% de las dimensiones generales del elemento. Huerta realiza el análisis del tramo del Mirador (el mayor en el sentido de la nave), si bien recalca que, conociendo el orden de magnitud de las deformaciones, «la catedral se ha movido "poco" y esto es una prueba irrefutable de su seguridad» (Huerta 2017, 13). El análisis se realiza dentro del marco teórico del análisis límite de estructuras de fábrica. Huerta demuestra que hay diversas situaciones de equilibrio, que se pueden obtener moviéndonos entre el empuje mínimo y el empuje máximo de los distintos elementos. En este caso el autor sí ha obtenido coeficientes de seguridad razonables, tanto para el estribo como para el pilar, además de tensiones muy bajas en la fábrica.

Conclusiones

La catedral de Mallorca representa sin duda un hito en el ámbito del gótico mediterráneo y en los edificios de fábrica en general. Como hemos visto, la austeridad de sus formas, la esbeltez de los pilares y el gran tamaño de sus bóvedas han suscitado el interés y la admiración de diversos autores. Sin embargo, a pesar de este interés, apenas existen monografías sobre el edificio. Los estudios existentes son puntuales. En este sentido considerábamos de suma importancia hacer una recopilación y revisión de la literatura científica como punto de partida para un estudio más profundo del edificio.

Notas

1. Este artículo se publica dentro de nuestro proyecto «The Art of Vaulting» que se está desarrollando en el DFG-Graduiertenkolleg 1913 «Kulturelle und technische Werte historischer Bauten» en la BTU Cottbus - Senftenberg. Agradecemos la colaboración del cabildo de la Catedral de Mallorca en el proyecto.
2. Sobre la estancia de Jovellanos en Mallorca véase Sanz de la Torre (1993). Según Domenge (1999, 29) el autor de este escrito es un colaborador de Jovellanos, el canónigo Josep Barberí. El escrito fue reeditado (Jovellanos 1959).
3. Pifferer orientó sus estudios por sus precedentes y era un gran admirador de Jovellanos como el mismo destaca (Pifferer 1842, 269–70).
4. Piferrer 1842, 148–168. Véase también la reedición Piferrer y Quadrado 1888, 691–771.
5. Piferrer 1842, anejo núm. 2, 260–265. Véase también la reedición Piferrer y Quadrado 1888, 919–927.
6. Lamentablemente sólo menciona en casos excepcionales información bibliográfica acerca de las fuentes escritas y mayoritariamente se limita a nombrar los apellidos de otros investigadores que han estudiado y publicado las fuentes (Casanovas 1898, 6–22).
7. Para más información sobre las discutidas dataciones del comienzo de la obra ver Domenge (1995, 24). Véase también Domenge (1999, 25–48) respecto al estado de la cuestión.
8. Una bibliografía más completa del autor se encuentra en Sastre (2007).
9. En las bóvedas de las naves no se han hecho calas lo suficientemente profundas para encontrar ánforas, que es muy posible que se encuentren en las enjutas.
10. Hace referencia al trabajo de Domenge 1999: 148.
11. Para una aproximación más detallada a los diferentes métodos ver Huerta (2008).
12. Esto se debe a que divide el estribo en partes verticalmente, y no considera el peso por debajo del punto en el que realiza la composición de las fuerzas. Agradecemos al profesor Santiago Huerta la puntualización sobre este aspecto del análisis de Rubió, que él ha estudiado en detalle.
13. Los resultados de los levantamientos realizados por Fuentes y Guerra (2015; 2016) y encargados por el cabildo de la catedral se recogen como apéndice en Huerta (2017).

Lista de referencias

Alomar Esteve, Gabriel. 1949. La Capilla de la Trinidad, panteón de los Reyes de la Casa de Mallorca. *Cuadernos de Arquitectura,* 10: 21–26.

Alomar Esteve, Gabriel. 1995. La capilla de la Trinidad y las tumbas de los reyes de Mallorca. En *La catedral de Mallorca*, coord. Aina Pascual, 211–215. Palma de Mallorca: José J. de Olañeta.

[Archiduque Luis Salvador]. 1886–1890. *Las Baleares, obra escrita y publicada en alemán con el título de Die Balearen in Wort und Bild geschildert; versión castellana de d. Santiago Palacio, corregida y considerablemente aumentada con anuencia y conforme á las indicaciones del autor por Francisco Manuel de los Herreros y Schwager, Las antiguas Pityusas*, 2 vols., Palma de Mallorca: Imprenta Biblioteca Popular. Imprenta del Comercio.

Ariño Colás, José María. 2007. *Recuerdos y Bellezas de España. Ideología y Estética*. Zaragoza: Institución Fernando el católico (C. S. I. C.).

Bassegoda Nonell, Juan. 1977. Bóvedas medievales a la romana. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. Ep. III* 43, 8 (782): 287–382.

Bassegoda Nonell, Juan. 1983. *La cerámica popular en la arquitectura gótica*: Ediciones de Nuevo Arte Thor.

Bassegoda Nonell, Juan. 1989. La construcción de las bóvedas góticas catalanas. *Boletín Académico. Escola Técnica Superior de Arquitectura da Coruña,* 11: 30–38.

Bejarano Galdino, Emilio. 2008. Biografia breu de Gaspar Melchor de Jovellanos. *Estudis baleàrics*, 90–91: 67–70.

Bover, J. M. 1841. La Seu de Palma. *Semanario Pintoresco Español*, 19: 145–146.

Carrasco Hortal, José. 2002. *La estructura gótico catalana: sobre los conceptos de medida y espacio. El problema de la forma de la cubierta*. Tesis Doctoral. Expresión Gráfica Arquitectónica, Universidad Politécnica de Catalunya.

Casanovas y Gorchs, Francisco. 1898. *Catedral de Palma de Mallorca*. Barcelona: Parera y C.ª.

Coll, Baltasar. 1977. *Catedral de Mallorca*. Palma de Mallorca: [el autor].

Cram, Ralph Adams. 1932. *The Cathedral of Palma de Mallorca. An Architectural Study*. Cambridge/Mass: Mediaeval Academy of America.

Dehio, G. y G. v. Bezold. 1898. *Die kirchliche Baukunst des Abendlandes*, vol. 2, Stuttgart: Arnold Bergsträsser Verlagsbuchhandlung.

Domenge, Joan. 1995. Tres siglos de obras en la catedral (ss. XIV-XVI). En *La catedral de Mallorca*, coordinado por A. Pascual, 23–35. Barcelona.

Domenge, Joan. 1999. *L'obra de la Seu. El procés de construcció de la catedral de Mallorca en el tres-cents*, 1ª reimpresión. Palma de Mallorca: Institut d'Estudis Baleàrics.

Domenge, Joan. 2010. La construcción de la catedral de Mallorca. En *Arquitectura en construcción en Europa en época medieval y moderna*, editado por A. Serra Desfilis, 147–186. Valencia: Universitat de València. Departament d'Història de l'Art.

Durliat, Marcel. 1962. *L'art dans le royaume de Majorque: les débuts de l'art gothique en Roussillon, en Cerdagne et aux Baléares*. Toulouse: Privat.

Erzherzog Ludwig Salvator. 1897: *Die Balearen. Geschildert in Wort und Bild*, vol. 1, Würzburg y Leipzig: K. u. K. Hofbuchhandlung von Leo Woerl.

Forteza, Guillem. 1929. Les determinants gòtiques de la Catedral de Mallorca. Estat de l'arquitectura catalana en temps de Jaume I. *La Nostra Terra*, II.24: 497–513.

Forteza, Guillem. 1984. Estat de l'arquitectura catalana en temps de Jaume I. Les determinants gòtiques de la catedral de Mallorca. En *Estudis sobre arquitectura i urbanisme*, 5–28. Montserrat: Abadia de Montserrat.

Fuentes y Guerra 2015–2016. *Levantamiento y planos arquitectónicos para el análisis de estabilidad de la catedral de Palma de Mallorca*. Santiago de Compostela: Obispado de Mallorca.

González, Elvira. 1987. La cerámica bajomedieval en la Catedral de Mallorca. *II Congreso de Arqueología Medieval Española,* 3: 469–482.

González, Elvira. 1995. Las tinajas de época bajo-medieval de la sala capitular gótica. En *La catedral de Mallorca*, coordinador A. Pascual, 349–355. Palma de Mallorca: José J. de Olañeta.

Huerta, Santiago. 2008. The Analysis of Masonry Architecture: A Historical Approach. *Architectural Science Review,* 51.4: 297–328.

Huerta, Santiago. 2017. *Informe sobre la estabilidad de las bóvedas de la nave y del sistema de contrarresto de la catedral de Palma de Mallorca*. Madrid: Cabildo Catedral de Mallorca. (http://oa.upm.es/45328/).

Jovellanos, Gaspar Melchor de. 1832. *Carta histórico-artística sobre el edificio de la Iglesia Catedral de Palma en Mallorca*. Palma: D. Felipe Guasp.

Jovellanos, Gaspar Melchor de. 1959. *Descripción de la Catedral de Palma*. Palma: Editorial Mallorquina de Francisco Pons.

Lavedan, Pierre. 1935. *L'architecture gothique religieuse en Catalogne, Valence et Baléares*. Paris: Henri Laurens.

Lavedan, Pierre. 1936. *Palma de Majorque et les îles Baléares*. Paris: Henri Laurens.

Llaguno y Amirola, Eugenio y Juan Agustin Cean-Bermudez. 1829. *Noticias de los arquitectos y arquitectura de España desde su restauración*. 1. Madrid: Imprenta real.

Mark, Robert. 1984. *Experiments in Gothic Cathedrals*. Cambridge: The MIT Press.

Matheu Mulet, Pedro Antonio. 1958. *Palma de Mallorca Monumental*, *Los Monumentos Cardinales de España*. Madrid: Plus Ultra.

Matheu Mulet, Pedro Antonio. 1959. *La catedral de la Luz*. Palma de Mallorca: Atlante.

O-Neille, Juan. 1886. Catedral de Palma. *Museo balear de historia y literatura, ciencias y artes,* 3: 129–146.

Pelà, Luca, J. Bourgeois, P.Roca, M. Cervera, and M. Chiumenti. 2016. Analysis of the Effect of Provisional Ties on the Construction and Current Deformation of Mallorca Cathedral. *International Journal of Architectural Heritage,* 10 (4): 418–437.

Piferrer, P. 1842. *Recuerdos y Bellezas de España. Mallorca*. s. l. [Barcelona]: [Imprenta de J. Verdaguer].

Piferrer, Pablo y José M. Quadrado. 1888. *España. Sus monumentos y artes, su naturaleza é historia. Islas Baleares*. Barcelona: Daniel Cortezo y C.ª.

Prendergast, Lenox [1893] 2014. The Cathedral of Palma, Majorca: its origin and development, with some notes of minor buildings in its neighbourhood. *The R. I. B. A. Journal*, IX, New Series: 387–408 (Ed. Ciudad de Mallorca: Cabildo de la Catedral de Mallorca 2014, pp. 61–90).

Roca, Pere. 2001. Studies on the structure of Gothic Cathedrals. En *Historical Constructions 2001: possibilities of numerical and experimental techniques*, editores P. B. Lourenço y P. Roca. Guimarães: University of Minho.

Roca, Pere, M. Cervera, L. Pelà, R. Clemente, y M. Chiumenti. 2013. Continuum FE models for the analysis of Mallorca Cathedral. *Engineering Structures,* 46: 653–670.

Rubió Bellver, Juan. 1912. Conferencia acerca de los conceptos orgánicos, mecánicos y constructivos de la Catedral de Mallorca dada con motivo de la excursión oficial de la Asociación de Arquitectos Cataluña. *Anuario para 1912. Asociación de Arquitectos de Cataluña*, Barcelona: J. Bartra Laborde, 87–140.

Sanz de la Torre, Alejandro. 1993. Jovellanos y la reivindicación de la arquitectura gótica de Palma. *Espacio, Tiempo y Forma*, VII, H.a del Arte, 6: 433–470.

Sastre Moll, Jaime. 2007. *La Seu de Mallorca (1390–1430). La prelatura del bisbe Lluís de Prades i d'Arenós*, Palma: Consell de Mallorca.

Street, George Edmund. 1865. *Some Account of Gothic Architecture in Spain*, London: John Murray.

Torres Balbás, Leopoldo. 1952. Arquitectura Gótica. En *Ars Hispanie. Historia Universal del Arte Hispánico*. Barcelona: Plus-Ultra.

Universitat Politècnica de Catalunya. 2003–2008. *Estudio, diagnóstico, peritación y en su caso planteamiento de actuaciones, sobre el comportamiento constructivo-estructural de la catedral de Santa María, en la ciudad de Palma, Isla de Mallorca, (Baleares)*. Ministerio de Educación, cultura y deporte. Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales.

Villanueva, Jaime. 1851. *Viage literario á las iglesias de España*. Vol. 21. Madrid: Real Academia de la Historia.

Zaragozá Catalán, Arturo. 2003. Arquitecturas del gótico mediterráneo. En *Una arquitectura gótica mediterránea*. Valencia: Conselleria de Cultura i Educació, D. L.

El viaducto de Conchi: una obra de la Revolución Industrial en el desierto de Atacama, 1887-1888

Claudio Galeno-Ibaceta
Nelson Arellano Escudero

Una gran construcción metálica derivada del desarrollo de la ingeniería de la Revolución Industrial en la segunda mitad del siglo XIX fue el viaducto ferroviario construido sobre el aguzado desfiladero del río Loa en el paralelo 22 del desierto de Atacama, cercano al poblado de Conchi, en el antiguo km 298 del Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia (figura 1).

Las diferentes soluciones que se generan para resolver los desafíos de un problema exigen el uso de herramientas que son en sí mismas narraciones de los paradigmas (Ingold 2011, 57), enfoques ideológicos y de la gestualidad manufacturera desarrollados por ingenieros y comerciantes (Gille 1999). En el caso del transporte, en el desierto de Atacama en el tiempo del ciclo de expansión de la plata y del salitre se introdujo una novedosa tecnología, con la facultad de amplificar la capacidad de carga en una escala desconocida hasta entonces: el ferrocarril.

El puente sobre el río Loa fue necesario porque la ruta del ferrocarril debía sortear la profundidad de su cañón de altura variable, en algún punto los casi 150 kilómetros de su trayectoria entre su nacimiento en el volcán Miño hasta el oasis de Chiu-Chiu. En la actualidad el puente se encuentra aguas abajo del muro del embalse Conchi construido entre 1969 y 1975.

En el siglo XIX se implementaron complejos sistemas sociotécnicos (Hughes 2000, 51-82) que por supuesto incluían las labores de ingenieros que, provenientes de las metrópolis del hemisferio norte, se desplegaron por todo el planeta, incluyendo América del Sur (Buchanan 1989; Ahlström 1993; Hult and Nyström 1992; Couyoumdjian 2003; Aguilar 2012). Esta circulación de británicos (Arellano 2014), franceses, belgas, alemanes, italianos y estadounidenses, entre otros, constituyó un modo de vida transfronterizo y cosmopolita cuyos efectos, apreciables en su época, siguen actuando en nuestros días (Benjamin 2012).

Muchas biografías de ingenieros que llegaron a Sudamérica indican que sus permanencias variaron desde breves estancias hasta el arraigo definitivo. Justamente, esta última opción fue la que tomó el ingeniero británico neozelandés Josiah Harding luego de llegar a Chañaral desde Inglaterra en 1870 y posteriormente vincularse a la Compañía de Salitres de Antofagasta, siendo allí reconocido como un alto funcionario, y comenzar en 1872 la construcción del ferrocarril que uniría Antofagasta con las minas de Huanchaca casi dos décadas más tarde (*Engineering* 1890; Compañía Huanchaca de Bolivia 1889; Compañía de Salitres y FCAB 1872-1873). Por cierto, esta no será la única acción destacada de Harding en su carrera profesional pues su agudo ojo comercial le hizo un entusiasta divulgador de la primera industria desaladora solar del mundo (Arellano y Roca-Rosell 2013), en virtud de lo cual recibió la medalla Telford, por parte de la *Institution of Civil Engineers* (ICE) (The Engineer 1883).

De cualquier manera, la destacada presencia de la ingeniería británica constituía uno de los mecanismos de la colonización tecnológica en la estrategia de relaciones norte-sur que colaboraba activamente en la difusión de las líneas técnicas diseñadas en el hemisferio

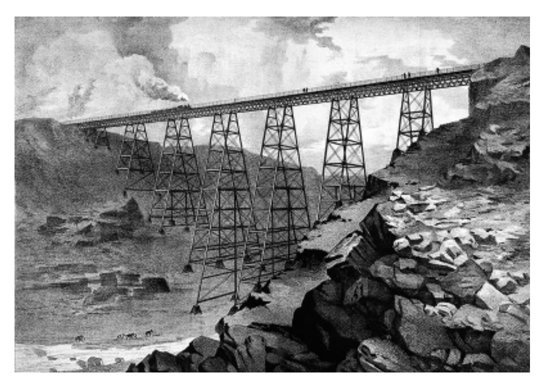


Figura 1
Viaducto sobre el río Loa. Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia. Perspectiva de Dudley Heath. Publicado en The Engineer, 26 de abril de 1889 (Archivo Grace's Guide)

norte y que reemplazaba los mecanismos locales de transporte de carga, como por ejemplo, los retazos de carretas de sangre, tiradas por mulas (Arce 1997).

Cruzando el río Loa en la localidad de Conchi.

La prefabricación de estructuras cobra mayor sentido con la artificialidad y adversidad de habitar en un desierto. De esa forma la gran mayoría de las construcciones del norte chileno, llegaron desmontadas o fueron ejecutadas in situ con materiales industrializados. Entre ellas, ha sido de gran relevancia el Edificio de la Intervención Chilena o Casa Chile, diseñada por el arquitecto Manuel Aldunate, prefabricada en madera en Valparaíso, montada en Mejillones en 1867, y luego desmontada y reconstruida en Antofagasta en 1888 (Galeno 2012, 68-69). De otra forma, para construir el parapeto del molo del puerto, desde Inglaterra fue traída desmontada una grúa Hammerhead bautizada como Titán, siendo previamente testeada en las maestranzas de Stothern& Pitt en Bath, fue remontada en Antofagasta en 1922 (Galeno 2012, 76). Entre el edificio modular de madera y la gran máquina, hubo otra pieza, el viaducto de Conchi, un puente metálico, prediseñado en Antofagasta, calculado, prefabricado y testeado en Inglaterra, y luego ensamblado sobre el río Loa.

Respecto de las virtudes del desarrollo de las estructuras metálicas, Fernando Riquelme las describe con estas palabras: «audacia y actualidad de las soluciones; prefabricación, montaje en seco, grandes espacios cubiertos, liviandad, industrialización, es decir, respuestas para una sociedad de masas» (Riquelme 1970, 7). Por otro lado Montserrat Palmer, respecto de las contribuciones de ingenieros como Eiffel, esta radicaría en maximizar la economía de material en construcciones en sitios remotos, logrado mediante el ajuste de las secciones de acuerdo a los esfuerzos que realizaban, mayor rapidez en la unión de los elementos en terreno, y facilidad en el transporte (Palmer 1970). Respecto de la evolución de las estructuras de hierro, Palmer indicó:

> El desarrollo de las comunicaciones ferroviarias fue el impulsor más efectivo del empleo masivo del hierro como material estructural y también de su perfeccionamiento como acero .... El complejo sistema ferroviario necesitaba un material que fuera fácil de transportar y de rápido montaje para sus estaciones y puentes. (Palmer 1970, 10)

El viaducto de Conchi cruzó 244 metros de largo y en la parte más profunda se elevó sobre 102,6 metros de altura. Su construcción se inició en mayo de 1887 y entró en operaciones en febrero de 1888 para *The Antofagasta (Chili) and Bolivia Railway Company Limited*(*TheEngineer* 1889c). Habría que precisar que la obra fue parte de las construcciones realizadas por la Compañía Huanchaca en conjunto con la Compañía de Salitres, y que conectaría las minas en el sur de Bolivia la Fundición de Playa Blanca en el puerto de Antofagasta. Cuando el puente estuvo terminado Huanchaca había adquirido la Compañía de Salitres y ambas compañías se habían constituido en Londres en el Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia (Ahumada 1999, 29).

El ingeniero Josiah Harding, que trabajaba en Antofagasta para la Compañía de Salitres, definió la ubicación del punto de cruce de la vía férrea por la profunda garganta del Loa, y diseñó el carácter general de la estructura y las fundaciones, mientras que el cálculo fue encargado al ingeniero Edward Woods en Inglaterra (*TheEngineer*, 1889c).

Woods tenía experiencia trabajando en otros países latinoamericanos. Había diseñado la extensión del ferrocarril de Copiapó, el ferrocarril de Santiago a Valparaíso, los ferrocarriles peruanos de Mollendo a Arequipa y de Callao a Oroya, el ferrocarril mexicano, el Ferrocarril Central Argentino. Además de las estructuras de ingeniería había diseñado construccio-

nes con consideraciones sísmicas en Perú, siendo considerado un precursor en ese ámbito (Institution of Civil Engineers 1903, 347-349).

Woods realizó el cálculo sin información sobre la fuerza del viento del lugar por lo que decidió calcularlo para una máxima presión, suficiente para volar un tren sin carga desde el viaducto. Las simulaciones de Woods, arrojaron que la peor condición para la estructura era soportando un tren sin carga.

> Esta presión se calculó cuidadosamente y el resultado obtenido se adoptó en los cálculos subsiguientes para la estabilidad. Suponiendo que esa presión tuviera que soportar en cualquier momento el viaducto -que es muy improbable-, habría un gran margen de estabilidad. Debe recordarse, en relación con la presión del viento, que el peso de la atmósfera, a la gran altitud en la que se erige este viaducto, es sólo dos tercios del nivel del mar, el barómetro alcanza unas 21 pulgadas de mercurio. (TheEngineer 1889c, 348)

El diseño del viaducto fue de un cuerpo lineal de vigas, donde correría el tren, soportado por siete pilares que cubrían tramos de 24,4 metros de luz. La sección de los pilares estaba compuesta por cuatro columnas laminadas de hierro y cuatro barras. Estaban unidas por un diafragma interno de sección cruciforme (figura 2).

Las columnas habían sido ensayadas previamente en Inglaterra (figura 3). Las fotografías y dibujo de

April 19, 1889. THE ENGINEER. 337

THE ANTOFAGASTA RAILWAY—VIADUCT OVER THE RIVER LOA.

Figura 2
Viaducto sobre el río Loa. Elevaciones, plantas y secciones (detalles) de columnas de los pilares. Publicado en The Engineer, 19 de abril de 1889 (Archivo Grace's Guide)

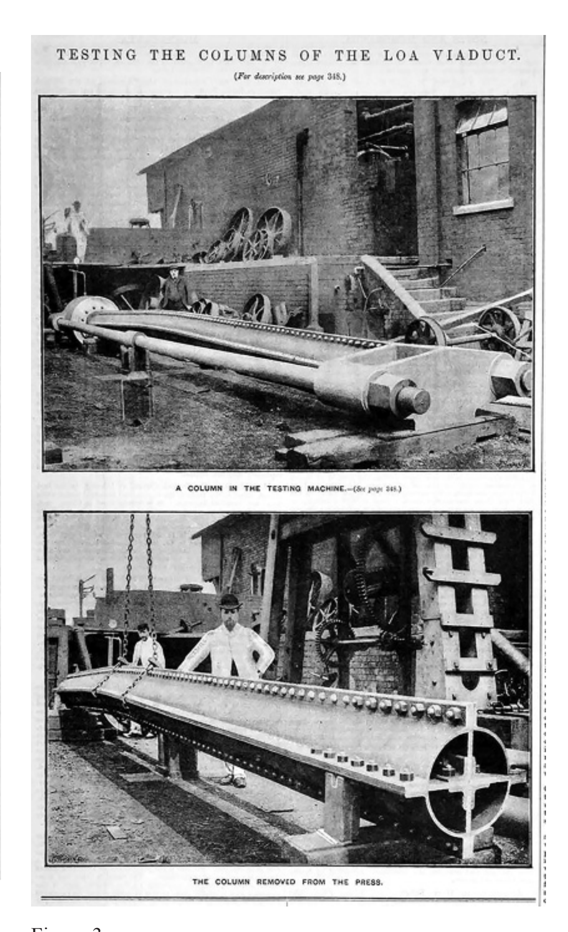


Figura 3
Testeando las columnas del viaducto del Loa. Publicado en The Engineer, 26 de abril de 1889 (Archivo Grace's Guide)

las deformaciones fueron publicadas en la revista británica *TheEngineer*. Las forma del alma de esas piezas, son un antecedente tecnológico de los pilares en sección de cruz que se utilizarían en algunas arquitectura metálicas del siglo XX. (Galeno, Gonzáles y Lufin 2014, 165)

Otras dimensiones que caracterizaban el viaducto era el peso total de toda la estructura de 1.115 toneladas; que soportaba 1 ¾ tonelada de carga por pie; la longitud de la columna más larga: 95,75 m; la luz principal entre columnas de cada pilar: 9,75 m; ancho total de la plataforma superior: 3,96 m; y el ancho entre los ejes centrales de las vigas principales: 2,69 m (*The Engineer* 1889c, 348) (figura 4).

El viaducto fue levantado sin la ayuda de ninguna estructura temporal y sin mano de obra especializada por la compañía constructora inglesa The Horseley Company, dirigida por Peter y William Fisher, mediante un teleférico de cables de acero que atravesó la depresión, sobre el cual se desplazó un carro movido por cabrestantes a vapor (*The Engineer* 1889c).

Una vez erguido, fue destacado por *The Engineer*, en 1889, como el viaducto más alto del mundo. Sin embargo otra versión dice que su altura fue la mayor del continente americano y la segunda del mundo (Reyes 1908). *The Engineer* destacó su diseño en un par de artículos (*The Engineer* 1889a; 1889c) que incluyeron planos (figura 5) y una cuidadosa perspectiva realizada por el artista Dudley Heath.

La estructura de Conchi es algunos años anterior al generalmente destacado viaducto de Malleco (fi-

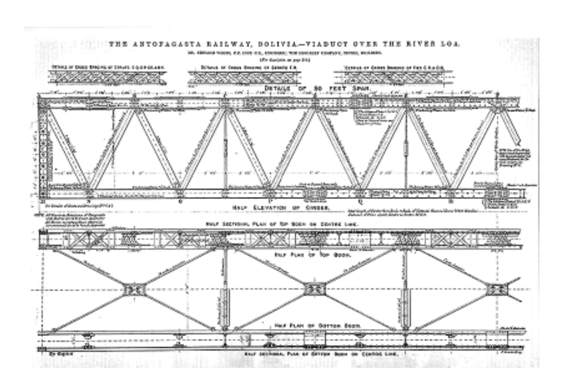


Figura 4
Viaducto sobre el río Loa. Elevación y planta (detalles) del puente y vigas. Publicado en The Engineer, 26 de abril de 1889 (Archivo Grace's Guide)

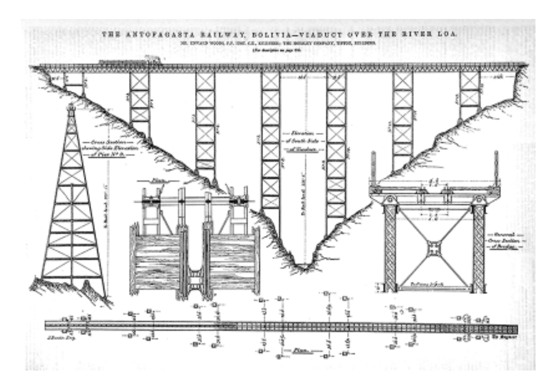


Figura 5
Viaducto sobre el río Loa. Elevación general viaducto, sección pilar, planta puente (detalle), sección de puente y planta general viaducto. Publicado en The Engineer, 19 de abril de 1889 (Archivo Grace's Guide)


Onzième année. — Tome XVIII. — N° 18. Samedi 28 Février 1891.

LE GÉNIE CIVIL

REVUE GÉNÉRALE DES INDUSTRIES FRANÇAISES & ÉTRANGÈRES

Administration et Rédaction : 6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris.

TRAVAUX PUBLICS

LE VIADUC DE MALLECO, AU CHILI

(Planche XXV.)

Le Chili est une longue bande de terre, de 170 à 200 kilomètres de largeur sur une longueur d'environ 4 200 kilomètres, comprise entre le Grand Océan à l'ouest et les Cordillères des Andes à l'est.

... coup à désirer au point de vue de leur entretien et ne facilitent pas dans une mesure convenable le transport des marchandises.

L'industrie métallurgique y a pris, au contraire, un sérieux développement, en raison de la grande richesse minérale de ces régions.

L'or, l'argent, le plomb argentifère, le cuivre surtout, s'y rencontrent abondamment. Le cuivre est le métal le plus répandu au Chili; toutes les montagnes en contiennent et quelques-unes en grande quantité. Le charbon, le salpêtre, le borax, le nitrate de ...

Figura 6
Viaducto del Malleco en la portada de Le Génie Civil, 28 de febrero de 1891 (Archivo Biblioteca Nacional de Francia (BNF))

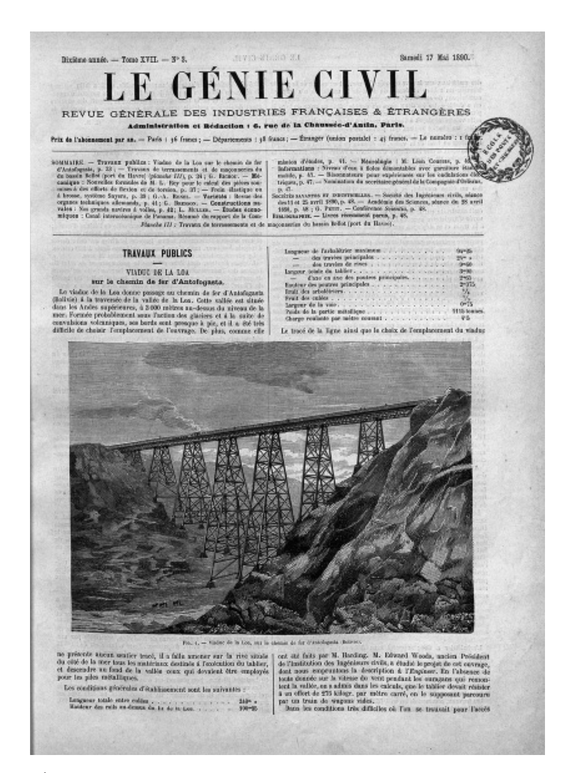
gura 6), realizado por Schneider et Cie. o Le Creusot, de 102 metros de altura, inaugurado en 1891, sin embargo hasta la actualidad la obra del Loa es la más alta de Chile (Palmer 1970).

Conchi en París

El contexto histórico en que se realizaba esta obra, fueron las expectativas previas a la mundialmente conocida Exposición Universal de París de 1889 con su Torre Eiffel de 300 metros de altura. Esto se puede verificar con el artículo «The Paris Exhibition» publicado en uno de los números de *The Engineer* donde fue publicado el puente del Loa (The Engineer 1889b, 343). En ese sentido el precursor viaducto de Conchi se trataría de una correspondencia británica a la ingeniería francesa en pleno desierto de Atacama.

La revista francesa *Le Génie Civil* [La Ingeniería Civil] en octubre de 1889 publicó un artículo sobre la presencia de la Compañía Huanchaca de Bolivia en la Exposición Universal de París. La muestra correspondía a la sección de mineralogía del aplaudido pabellón de Bolivia. Expusieron minerales, barras de plata, fotografías y planos que mostraban la importancia de esa compañía. La colección de bloques minerales estaba destinada a los principales museos de Europa. La muestra obtuvo tres premios: el Grand Prix por los productos de la explotación de minas y de metalurgia y dos medallas de oro, una por los materiales de la exposición de minas y metalurgia, y otra por el material sobre el ferrocarril.Destacaba la construcción de 1.000 kilómetros de líneas telegráficas, de la aducción de agua hasta Antofagasta y el ferrocarril de 640 kilómetros que atravesaba la cordillera de los Andes. Entre las dificultades que hubo para le ejecución de la vía férrea, las más relevante fue la del río Loa, que requirió la construcción del puente metálico (F.B. 1889).

En 1890, al año siguiente de la exhibición de París, la revista francesa *Le Génie Civil* publicó una noticia sobre el diseño de Conchi (ilustrado con una nueva versión de la perspectiva de Heath) (figura 7), a partir del artículo de *The Engineer*, lo que demuestra el interés mundial que suscitaba la construcción, tanto como las operaciones de difusión de las capacidades constructivas (G.R. 1890). En este ámbito se aprecia una acción colaborativa entre las comunidades ingenieriles de las metrópolis que fomentaba la


Dixième année. — Tome XVII. — N° 3. Samedi 17 Mai 1890.

LE GÉNIE CIVIL

REVUE GÉNÉRALE DES INDUSTRIES FRANÇAISES & ÉTRANGÈRES

Administration et Rédaction : 6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris.

TRAVAUX PUBLICS

VIADUC DE LA LOA

sur le chemin de fer d'Antofagasta.

Figura 7
El Viaducto del Loa en la portada de Le Génie Civil, 17 de mayo de 1890 (Archivo BNF)

circulación de las ideas más allá de las barreras idiomáticas.

Un viaducto americano

En España la madrileña *Revista de Geografía Comercial* en 1889, publicó que sobre el río Loa se había construido el viaducto más alto del mundo (Revista de Geografía Comercial 1889), y desde Barcelona el periódico *La Ilustración Artística* en 1892 comparó su altura con el viaducto de hierro sobre el río Pecos en Texas que estaba en obras y que tendría 654 m de largo por 98 m de alto (La Ilustración Artística 1892).

La referencia a Pecos es clave para comprender el diseño de Conchi. Un número de *Le Génie Civil* en 1893 (figura 8), explicaba la tipología denominada como «viaducto americano». En las primeras versio-



Quatorzième année. — Tome XXIV. — N° 3. N° 597. Samedi 18 Novembre 1893.

LE GÉNIE CIVIL

REVUE GÉNÉRALE DES INDUSTRIES FRANÇAISES & ÉTRANGÈRES

Prix de l'abonnement par an. — Paris : 36 francs ; — Départements : 38 francs ; — Étranger (union postale) : 45 francs. — Le numéro : 1 franc.

Administration et Rédaction : 6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris.

TRAVAUX PUBLICS

LE VIADUC DE PECOS.

Les types de ponts métalliques américains sont dérivés directement des ponts en charpente, si longtemps en usage aux États-Unis, et dont beaucoup d'exemples...

...est le viaduc de Kinzua (1) (1882) qui, par sa hardiesse de lignes, est devenu un type classique des constructions américaines ; il est jeté au-dessus d'une gorge de 90 mètres environ de profondeur, sur le chemin de fer de New-York-Lake Erié-Western. Quelques années plus tard, le viaduc du Loa (2) (chemin de fer d'Antofagasta) donnait comme une seconde édition presque identique de ce même type. Enfin, on vient d'achever...

Figura 8
Viaducto de Pecos en la portada de Le Génie Civil, 18 de noviembre de 1893 (Archivo BNF)

nes del modelo «las vigas de una vía eran soportadas por una serie de marcos triangulares situados en un plano perpendicular a la vía, conectados y atirantados en todos los sentidos.» En el nuevo modelo, las vigas de la vía eran soportadas por una serie de pilares reticulados, cada uno de ellos compuesto «solo por dos marcos, formando cada uno dos jabalcones inclinados igualmente respecto del plano medio de la construcción», en la cúspide de la composición esos planos en diagonal prácticamente se unían en una sola arista, mientras que al descender se separaban, de modo que en los pilares más profundos, tenían gran separación en sus pies. Finalmente, «la forma total del pilar es la de un prisma triangular con aristas horizontales» (W.S. 1893, 33). En síntesis, la tipología del viaducto sería un vértice superior continuo de vigas sostenido por una serie de prismas triangulares horizontales.

Destacaban tres grandes construcciones realizadas bajo ese modelo, la primera era el viaducto de Kinzuade 1882 (colapsado el año 2003 por un tornado) que cruzó a la altura de 90 metros en la vía férrea de New York al lago Erié-Western; siguió el viaducto del Loa, como la segunda edición de la tipología; y finalmente el viaducto de Pecos, semejante a sus precedentes (W.S. 1893).

Siendo el viaducto un referente internacional, la historiografía chilena, aunque brevemente, ha destacado la estructura. Por ejemplo en la *Historia de la Ingeniería en Chile*, Ernesto Greve comparaba la magnitud del Malleco con Conchi:

> ... En efecto, una obra comparable a la proyectada, solo fue el viaducto de Conchi, sobre el río Loa, en el Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia, pero construido en el año 1886 -quedando aquí el riel a 102,6 m sobre el fondo de la quebrada- obra que se halla a 3017 m de altura sobre el nivel del mar y en el K. 300 de dicha línea férrea. (Greve 1944, 42)

Asimismo en el libro *50 años de Arquitectura Metálica en Chile, 1863-1913* de Montserrat Palmer, es incluido en la cronología de las principales construcciones metálicas en Chile, y sobre él dijo que se trataba del más alto del país. (Palmer 1970)

Sin embargo algunas guías regionales reconocieron tempranamente el valor de esta pieza de ingeniería e incluyeron descripciones sobre esta construcción. La precursora Guía de Antofagasta de 1893, elaborada por Mandiola y Castillo, indicaba que el puente era «uno de los más notables del mundo», y lo presentaba como una magna construcción y una experiencia única sobre la cual el viajero debía estar atento.

> … Este puente tiene además la particularidad de ser una magnífica obra de injenieria moderna. Está construido sobre pilares de hierro fundido que descansan en el fondo de la quebrada i cuya base lamen las aguas del Loa. Garantizan su seguridad, después de las repetidas pruebas de la inauguración, los varios años de tráfico de trenes que han soportado sin haber sufrido desnivel apreciable. Los viajeros se detienen a contemplar esta construcción verdaderamente maravillosa; i no pocos turistas le han dedicado visitas especiales, a pesar de la distancia a que está situado de la costa, pues es superior a 300 kilómetros. (Mandiola y Castillo 1894, 7)

El trayecto desde Antofagasta pasando por el viaductose convirtió en una ruta fundamental para comunicar la costa del Pacífico con Bolivia. El circuito

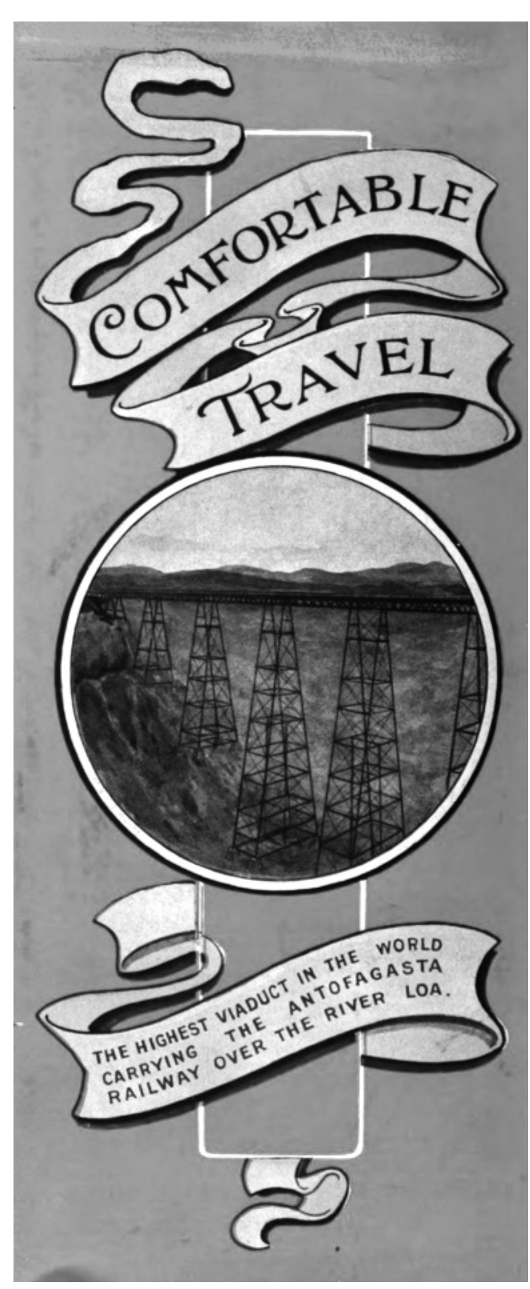


Figura 9
«Comfortable travel. The highest viaduct in the world carrying the Antofagasta Railway over the river Loa». Contratapa de *The Antofagasta (Chili) and Bolivia Railway Co. Ltd.: views and facts concerning the line*, 1910 (Hathi Trust Digital Library)

se vería potenciado con la construcción del Ferrocarril Longitudinal Norte desde 1910 a 1913, el cual vinculó todas estas redes aisladas. Durante ese proceso, en 1910, el Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia publicó una guía (figura 9) destinada a informar al viajero, en ella se referían al viaducto

> ... En el kilómetro 298 - inmediatamente en el lado norte de la estación de Conchi - llegamos al viaducto del Loa, que es una de las estructuras de ingeniería más interesantes en el mundo; el nivel de los carriles en el viaducto es de casi 10.000 pies sobre el nivel del mar, mientras que su altura sobre la superficie de las aguas del río Loa corriendo por debajo es de 336 pies o más del doble de la altura a la que el tren cruza el puente de Forth sobre las aguas del Fiordo de Forth. El viaducto es una elegantísima estructura de acero, que consta de seis vigas entramadas que salvan 80 pies de luz cada una, claramente apoyadas sobre torres de caballete de acero. (The Antofagasta (Chili) and Bolivia Railway Co. Ltd. 1910)

Conclusiones

Las exigencias de transportabilidad del viaducto, debieron haber impactado en la pureza plástica de su diseño, que así como otros estructuras metálicas situadas en sitios poco accesibles anticiparon las figuras de la racionalidad, y contrastaron con la tendencia eclecticista de la segunda mitad del siglo XIX.

Finalmente, podemos afirmar que el viaducto de Conchi en la región de Antofagasta representa uno de los mejores exponentes de los avances de la ingeniería a nivel mundial, situándose a la vanguardia de la grandes estructuras metálicas de la revolución tecnológica del siglo XIX.

El desierto de Atacama, inicialmente territorio boliviano y luego chileno, fue un campo de intereses extranjeros (Harding, 1877) cuyas inversiones legaron un área de experimentación de tendencias técnicas cuyos resultados circularon en los ambientes de ingeniería civil del Reino Unido y Francia. En el contexto chileno, su importancia sólo ha cobrado cierta relevancia en su historiografía varias décadas más tarde, sin embargo desde el punto de vista del imaginario del desierto de Atacama, su reconocimiento se puede evidenciar por la edición de una postal por el editor Carlos Brandt alrededor de 1906 (figura 10), que muestra específicamente el puente metálico sobre el río Loa, revelando la incorporación

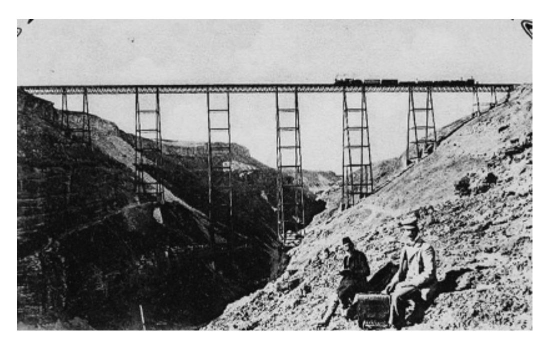


Figura 10
Antofagasta, puente sobre el río Loa. Postal editada por Carlos Brandt alrededor de 1906 (Archivo Claudio Galeno)

y reconocimiento de un expresión industrial como un sitio de interés existencial a los viajeros.

Frederic Halsey en el libro *Railway expansion in Latin America* de 1916, incluyó una fotografía (figura 11) del viaducto cortesía de la Pan-American Union, (Halsey 1916) que expresa muy bien el fuerte contraste de la verticalidad y transparencia de las torres que se anclan en el desfiladero versus la densidad y marcada horizontalidad de la viga que une los dos bordes. La proyección de sus sombras sobre las paredes del cañón acentúa la virtualidad de las columnas y las multiplican, mientras que la viga marca una espesa sombra en diagonal que dramatiza la proyección de la perspectiva y la convergencia geométrica de líneas que se fugan sobre la tectónica del paisaje desértico.

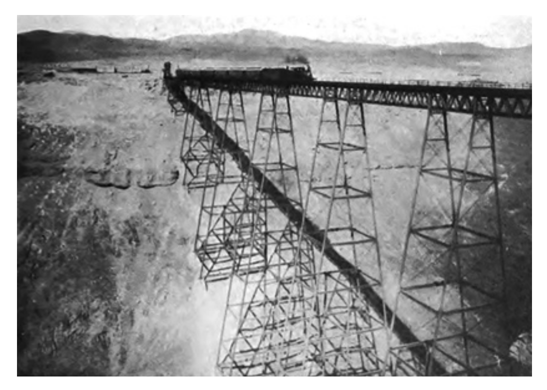


Figura 11
«Highest viaduct in the world, Loa River, Chile. Antofagasta (Chile) & Bolivia Railway». Cortesía de Pan American Union, publicado por Frederic Halsey en *Railway expansion in Latin America*, 1916 (Internet Archive)

El viaducto, como expresión tecnológica es una rotunda representación del espíritu de su tiempo, conjugando varios factores, el desafío de la ingeniería en cuanto cálculos y simulaciones, el desarrollo constructivo en cuanto prefabricación y montaje, la urgencia de comunicaciones vinculado a los intereses económicos, pero sin duda unas de sus principales contribuciones es su riguroso engarce sobre la geografía del desierto, como si se tratara de una prótesis que con su categórica artificialidad concibe una nueva forma de consonancia con la expresión sublime de la geografía del desierto de Atacama.El viaducto, en la actualidad se encuentra en abandono, en mayo de 2015 el Estado chileno lo declaró Monumento Nacional en la categoría de Monumento Histórico, y se indicó que debía adoptarse un plan de manejo para su conservación el cual hasta la actualidad no se ha concretado.

Nota

El presente trabajo hace referencia a los siguientes proyectos: Claudio Galeno-Ibaceta, Proyecto Fondecyt 1130785; Nelson Arellano Escudero, Proyecto HAR2013-44643-R.

Lista de referencias

Aguilar, Inmaculada. 2012. *El discurso del ingeniero en el siglo XIX: aportaciones a la historia de las obras públicas*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano y Consellería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente, Generalitat Valenciana.

Ahlström, Göran. 1993. Technical education, engineering, and industrial growth: Sweden in the nineteenth and early twentieth centuries. En *Education, technology and industrial performance in Europe, 1850-1939*, editado por R. Fox y A. Guagnini, 115-140. Cambridge [England]; New York: Cambridge University Press; Paris: Editions de la Maison des Sciences de l'Homme.

Ahumada, María Teresa. 1999. *El establecimiento industrial de Playa Blanca en Antofagasta*. Antofagasta: Ediciones Santos Ossa.

Arce, Isaac. [1930] 1997. *Narraciones históricas de Antofagasta*. 2ª ed. Antofagasta: Ilustre Municipalidad de Antofagasta.

Arellano, Nelson. 2014. Los ingenieros británicos en la Sudamérica del siglo XIX. *Quipu, Revista Latinoameri-*

cana de Historia de las Ciencias y la Tecnología 16 (1): 39-62.

Arellano, Nelson y Antoni Roca-Rosell. 2013. La ingeniería británica y la desalación de agua en el siglo XIX: El uso de energía solar (1872) y su descarte. *Quipu, Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología* 15 (2): 163-191.

Benjamin, Walter. 2012. Sobre el concepto de historia. En *Escritos Políticos*, 167-181. Madrid: Abada.

Buchanan, Robert. 1989. *The engineers: a history of the engineering profession in Britain, 1750-1914*. Londres: Kingsley.

Compañía Huanchaca de Bolivia. 1889. *Memoria del Directorio. Balance Jeneral y Anexos 1889*. Santiago de Chile: Imprenta del Universo de Guillermo Helfmann.

Compañía de Salitres y FCAB. 1872-1873. *Vol. 307, Oficios de producción y embarque de noviembre de 1872 a octubre de 1873*. [documento en Archivo Nacional de Chile].

Couyoumdjian, Juan. 2003. Dos ingenieros escoceses en Chile en el siglo XIX y comienzos del XX. *Boletín de la Academia Chilena de la Historia*, 112: 45-66.

Engineering. 1890. The Huanchaca Mining Company, Bolivia. *Engineering* 49 (1): 345-347.

F. B. 1890. La Compagnie Huanchaca de Bolivie à l'Exposition Universelle de Paris en 1889. *Le Génie Civil*, 15 (25): 612-613.

Galeno, Claudio; J. A. González y M. Lufin. 2014. Inmigración, tecnología y modernización en Antofagasta, desde Josiah Harding a Jorge Tarbuskovic. En *5º Seminario Docomomo Chile: El desafío del tiempo: proyecto y persistencia del patrimonio moderno*, editado por H. Torrent, 164-168. Santiago: Docomomo Chile /PUC.

Galeno Ibaceta, Claudio. 2012. Aspectos constructivos de los principios de la arquitectura en Antofagasta. En *Historia de la construcción en Antofagasta: la primera piedra*, editado por A. Llagostera y J. Vallejo, 63-77. Antofagasta: Universidad Católica del Norte.

Gille, Bertrand. 1999. *Introducción a la historia de las técnicas*. Barcelona: Editorial Crítica.

Greve, Ernesto. 1944. *Historia de la Ingeniería en Chile*. Tomo IV. Santiago: Imprenta Universitaria.

G.R. 1890.Viaduc de La Loa sur le chemin de ferd'Antofagasta. *Le Génie Civil*, 17 (3): 33-34.

Harding, Josiah. 1877. The Desert of Atacama (Bolivia). *Journal of the Royal Geographical Society of London*, 47: 250-253.

Halsey, Frederic. 1916. *Railway expansion in Latin America: descriptive and narrative history of the railroad systems of Argentina, Peru, Venezuela, Brazil, Chile, Bolivia and all other countries of South and Central America*. New York: The Moody Magazine and Book Company.

Hughes, Thomas. 1987. The Evolution of Large Technological Systems. En *The Social Construction of Technological Systems*, editado por W. Bijker, T. Hughes y T. Pinch, 51-82. Cambridge, MA [USA]: MIT Press.

Hult, Jan y Bengt Nyström (eds). 1992. *Technology & Industry. A Nordic Heritage*. Canton, MA: Science History Publications/USA.

Ingold, Tim. 2011. *Being Alive, Essays on movement knowledge and description*. Oxon: Routledge.

Institution of Civil Engineers. 1903. Edward Woods [obituary]. *Minutes of the proceedings*, 153: 342-350.

La Ilustración Artística. 1892. Puente de hierro sobre el barranco del río Pecos (Texas). *La Ilustración Artística*, 545: 367.

Mandiola, Juan L. y Pedro Castillo A. 1894. *Guía de Antofagasta, 1894*. Antofagasta: Imprenta de El Industrial.

Palmer, Montserrat. 1970. *50 años de arquitectura metálica en Chile, 1863-1913*. Santiago: Universidad de Chile.

Revista de Geografía Comercial. 1889. El viaducto más alto del mundo. *Revista de Geografía Comercial*, 74-75: 324.

Reyes, José Manuel. 1908. Trabajos efectuados en Chile por Josiah Harding. *El Ferrocarril* [de Arica], 30 de Agosto y 3 de Septiembre de 1908, 195-196 [documento digitalizado en el archivo personal de Arturo Harding, bisnieto de Josiah Harding].

Riquelme, Fernando. 1970. Prefacio de *50 años de arquitectura metálica en Chile, 1863-1913*, de Montserrat Palmer, 7. Santiago: Universidad de Chile.

The Antofagasta (Chili) y Bolivia Railway Co. Ltd. 1910. *The Antofagasta (Chili) and Bolivia Railway Co. Ltd.: views and facts concerning the line*. London: Waterlow and Sons Ltd.

The Engineer. 1889a. The Antofagasta Railway, Bolivia. Viaduct over the river Loa. *The Engineer Magazine,* 67, 332, 335, 337.

The Engineer. 1889b. The Paris Exhibition. *The Engineer Magazine,* 67, 343.

The Engineer. 1889c. The Antofagasta Railway, Bolivia. Viaduct over the river Loa. The highest viaduct in the world. *The Engineer Magazine,* 67, 347-348.

The Engineer. 1883. The Institution of Civil Engineers: premiums awarded, session 1882-83. *The Engineer Magazine,* 56, 27.

W.S. 1893. Le viaduc de Pecos. *Le Génie Civil*, 24 (3): 33-34.

Cáscaras de hormigón en la arquitectura colombiana del siglo XX: un caso de hibridación y asimilación tecnológica

Jorge Galindo Díaz
Ricardo Tolosa Correa

Aunque la primera planta cementera en Colombia se constituyó en 1909 en cercanías de Bogotá, desde finales del siglo XIX el material se importaba a los puertos de Barranquilla (en el mar Caribe) y Buenaventura (sobre el océano Pacífico) con el fin de atender las demandas de fabricantes de baldosas y tubos de cemento, así como para algunas reparaciones menores, obras de cimentación y enlucidos.

De manera progresiva, durante los primeros años del siglo XX el uso del hormigón en el país se extendió a algunas obras ferroviarias y a ensayos de pequeña escala entre los que se cuentan el llamado Quiosco de la Luz en 1910, el edificio para el Molino La Unión en 1912 y el teatro Faenza en 1924, todos construidos en Bogotá, a los que se suman el edificio Mogollón en Cartagena de Indias en 1927 y la catedral de Manizales entre 1928–1939, levantada enteramente en este material como respuesta a los incendios que en varias ocasiones acabaron con las construcciones de madera que se usaban profusamente en la ciudad.

Para 1939, tres plantas diferentes producían cementos tipo Portland en el país: Cementos Samper y Cementos Diamante lo fabricaban cerca de Bogotá en tanto que Cementos Argos lo producía en Medellín. A ellas se sumará en 1941 la planta de Cementos del Valle, que producía Cementos Conquistador en la ciudad de Cali. Los fabricantes del material deseaban popularizar el uso de sus productos y para ello promovían la publicación de atractivos ejemplos internacionales en revistas especializadas y de consumo masivo, en donde nuevos edificios se mostraban luminosos, higiénicos, resistentes y duraderos.

A ese interés comercial se sumaba también el que existía en el naciente medio profesional por conocer los métodos de cálculo de forjados y membranas de hormigón, tal como lo corroboran algunos artículos publicados desde 1939 en la revista «Ingeniería y Arquitectura», órgano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y de la Asociación de Ingenieros de la Universidad Nacional de Colombia.

Por ejemplo, en 1941, dos estudiantes de último año de la Facultad de Ingeniería presentaban a los lectores una manera de calcular simplificadamente losas de ladrillo hueco (Paredes y Garzón 1941) y pocos meses después aparecía un artículo sobre el diseño de mezclas de concreto (Nassar 1941), un año más tarde se incluyó un artículo (Bonelly 1942) que pretendía «llegar a unas fórmulas prácticas que nos den el diseño rápido de las membranas» y en 1944 el ingeniero Cornelissen explicaba nuevas modos de análisis de este tipo de estructuras a partir de «dos sobresalientes métodos para la solución: el del doctor U. Finsterwalder y el del doctor F. Dischinger» (Cornelissen 1944). También era común que en esa revista se publicaran de manera periódica informes del Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional [creado en 1936 y dependiente de la Facultad de Matemáticas] dando cuenta de resistencia de los concretos producidos en Colombia y su comparación con las normas norteamericanas (Guerra 1941a;Guerra 1941b).

Los primeros resultados prácticos no tardaron en aparecer: en 1939 el arquitecto alemán Leopoldo Rother logró que se llevara a término su diseño para el estadio Alfonso López Pumarejo dentro del naciente campus de la Universidad Nacional de Colombia, donde las tribunas se cubrían con una elegante placa de hormigón y en 1946 daba inicio a su diseño para el Mercado de Girardoten donde se construirán las que probablemente sean las primeras bóvedas de membrana en el país. En este proyecto, terminado en 1954,sus 198 cáscaras de 7 m de largo, 2,5 m de ancho y solo 5 cm de espesor, cubrían el espacio destinado a los comerciantes, protegiéndolos de un calor inclemente mediante una extensa superficie de sombra mientras el aire circulaba libremente por un espacio prácticamente carente de cerramientos (figura 1).



Figura 1
Mercado, Girardot, 1946–1954.Fuente: propia.

Pero, ¿cómo fueron construidas las bóvedas para este edificio? Si bien la historiografía tradicional menciona que se trataba de estructuras de hormigón, Hans Rother –en su libro sobre la obra de su padre– incluye un comentario del arquitecto Jorge Gaitán Cortés al respecto que resulta revelador:

> El profesor Leopoldo Rother, que se encontraba ya trabajando en el Ministerio desde hace algunos años, estaba estudiando el proyecto para la plaza del mercado de Girardot, y tenía el propósito de emplear membranas para la cubierta, pero en esa época el cálculo de membranas era bastante empírico. En Colombia no se habían experimentado aún; solamente sabíamos que en la Argentina habían construido algunas de tipo sólido con secciones de 10 cm, y que en Alemania habían realizado bastantes avances en el diseño de este tipo de estructuras. Con el objeto de aligerar lo más posible, resolvimos reducir el espesor a los 5 cm y no emplear la membrana sólida de concreto sino aligerarla aún más con ladrillo hueco, tablón, o por lo menos ladrillo tablón corriente […] (Rother 1984, 58).

La referencia de Gaitán Cortés a las estructuras laminares construidas en Argentina no puede considerarse gratuita: en Buenos Aires, entre 1935 y 1937, se habían construido las cubiertas laminares en hormigón armado para la fábrica de textiles Grafa (May 2015), muy probablemente bajo la asesoría de Hubert Rüsch, ingeniero conocedor del «sistema Z-D» gracias a su experiencia profesional previa en Alemania. También en Argentina se publicaría uno de los primeros libros en castellano relacionados directamente con la construcción de bóvedas de hormigón, bajo el auspicio del Instituto del Cemento Portland Argentino (S.A. 1943), el mismo que servirá para que en Bogotá, en 1950, los ingenieros Antonio Gómez y Raúl Zambrano, diseñen y construyan las primeras cuatro bóvedas de este tipo en Colombia, destinadas a la fábrica Abadi Hermanos (figura 2).

También resulta interesante conocer que para el cálculo estructural de las membranas que construyera Rother en Girardot, él se valiera de modelos a escala construidos en el sótano del edificio del Ministerio de Obras Públicas, en vista de las dificultades que planteaban los métodos matemáticos, dominados en-

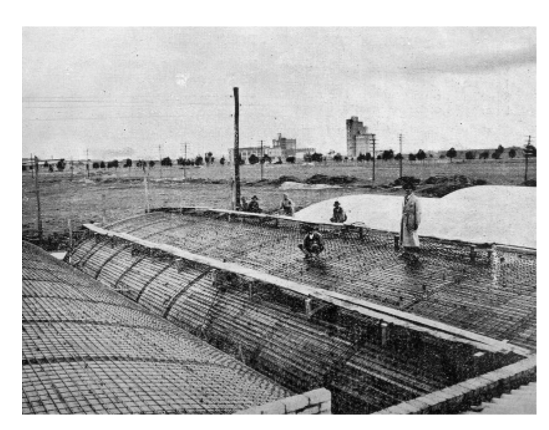


Figura 2
Bóvedas de la fábrica de los señores Abadi Hermanos, Bogotá, 1950 (Gómez 1950).

tonces por los ingenieros egresados de la Universidad Nacional de Colombia y entre quienes descollaba una joven figura que por esos años trabajaba en el mismo edificio, varios pisos arriba: Guillermo González Zuleta.

Los aportes del ingeniero Guillermo González Zuleta y el arquitecto Álvaro Ortega

Guillermo González Zuleta [1919–1995] recibió el título de Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Colombia en 1940 y uno de los primeros cargos que asumió en su vida profesional fue dentro de la Dirección de Edificios Nacionales, entidad adscrita al Ministerio de Obras Públicas, desde donde participaría activamente en los diseños para el estadio de béisbol 11 de Noviembre en 1947, concebido como parte de un centro deportivo en la ciudad de Cartagena de Indias. Fueron sus arquitectos Edgar Burbano [Universidad Nacional de Colombia, 1945], Álvaro Ortega [McGill University, 1944], Gabriel Solano [University of Pennsylvania, 1944 y Harvard University, 1945] y Jorge Gaitán Cortés [Yale University, 1944].

El conjunto del estadio incluía tres tribunas dispuestas en una de las esquinas del diamante. Solo la tribuna central estaba cubierta y presentaba el máximo interés arquitectónico y estructural. En planta, era un ángulo recto cuya esquina se suaviza mediante un arco. Ocho pórticos curvados en forma de «C», apoyados sobre dos columnas y separados entre sí por 10,75 m de luz, forman la estructura, que soporta tanto la gradería como la cubierta. El voladizo de cada pórtico alcanzaba los 19 m de luz. Por su parte, cada una de las 8 membranas que formaban la cubierta alcanzaba los 5 cm de espesor y adoptaban la forma de una parábola (figura 3). Frente al riesgo del pandeo y con el fin de aumentar la rigidez de la cáscara, González Zuleta dispuso en cada una de ellas un conjunto de cinco nervios de hormigón por su cara inferior, creando una discontinuidad de la sección que le permitía experimentar en lo constructivo (Galindo y Vargas 2016).

¿De qué manera se logró aligerar el peso propio de las membranas? Gracias a los planos del proyecto que reposan hoy en el Archivo General de la Nación-Fondo Ministerio de Obras Públicas, se puede apreciar el detalle de una de las membranas de planta rectangular –de 6 en total–, reforzadas con varillas de hierro de ¼” dispuestas en cuadrícula por su cara inferior de tal manera que se forman unas nuevas nervaduras macizas de 8 cm de espesor, mientras que los espacios residuales se resuelven con ladrillos planos de 25 × 25 cm en planta y solo 5 cm de espesor.



Figura 3
Vista inferior de las membranas del estadio 11 de Noviembre, Cartagena de Indias, 1947. Fuente: propia.

En el campo del libre ejercicio como ingeniero civil, Guillermo González trabajó en los años posteriores junto a varios arquitectos afincados tanto en Bogotá como en otras ciudades del país y no cumpliendo con una labor de mero calculista estructural sino actuando como un auténtico co-partícipe de los diseños y de los procesos de ejecución y puesta en obra.

Entre 1950 y 1955 trabajó con el arquitecto Antonio Mesa Jaramillo, quien desarrollaba su labor profesional en la ciudad de Medellín. De este proceso colaborativo se destacarán dos proyectos religiosos caracterizados por sus singulares cubiertas de membrana en donde prevalecerá el sistema de aligeramiento con ladrillos cerámicos. Así, en los planos estructurales para la iglesia de la virgen de Fátima, en Medellín de 1950, se advierte claramente que las bóvedas se construyeron haciendo uso de viguetillas de intradós parabólico de 10 cm de espesor, fundidas en hormigón y reforzadas con varillas de acero cuyo diámetro varía entre 3/8” y 1”, mientras que piezas cerámicas dispuestas a manera de casetones permiten disminuir el peso propio (figura 4). Este mismo principio se aplica también en el proyecto para el templo de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín



Figura 4
Iglesia de Fátima, Medellín, 1950. Fuente: propia.

en 1955. Ambos profesionales trabajarán también de manera conjunta en el diseño de las tribunas del nuevo estadio Atanasio Girardot, también en Medellín.

El tema de la arquitectura religiosa será recurrente en la vida profesional de González Zuleta: en 1952 diseñará el sistema estructural de la iglesia para Usaquén de los arquitectos Luis David Vásquez y Dairo Cárdenas, a partir de un esqueleto de hormigón conformado por arcos parabólicos que se superponen unos a otros, soportando delgadas membranas en cerámica armada. En 1953 participará con el arquitecto Juvenal Moya en el diseño de la capilla del Gimnasio Moderno (figura 5) y en la iglesia de Fátima, ambas en Bogotá y también construidas bajo los mismos principios estructurales. En 1954 desarrolló un proyecto para la iglesia parroquial de Cisneros y otro para el templo San Joaquín, en Antioquia, todos de naturaleza similar.

González Zuleta volverá a encontrarse con los arquitectos Álvaro Ortega y Gabriel Solano en 1952 en el proyecto que estos últimos concibieran para una estación de autobuses situada en la ciudad de Bogotá y en donde nuevamente cobraría sentido el carácter experimental de su ejercicio profesional (Vargas y Galindo 2015).La primera dificultad técnica estuvo en la consistencia del suelo: el terreno flojo y húmedo exigía un número mínimo de apoyos mientras el programa demandaba grandes superficies cubiertas para alojar a 200 autobuses. La solución consistió en construir 800 pilotes en las bases de un conjunto de pilares sobre los cuales descansaban bóvedas de membrana construidas con ladrillo hueco de 5 cm de espesor de tal manera que su peso apenas alcanzaba los 100 kg/m^2 (figura 6). También se mencionaba entre las ventajas el de usar solo 5 kg/m^2 de hierro y la gran rapidez en la ejecución por medio de formaletas móviles. La cubierta más importante era la que cubría el área de los talleres y estaba formada por bóvedas de 24 m de longitud y 16 m de luz, sostenidas por arcos atirantados. La impermeabilización se lograba, según los autores del proyecto, con un enlucido a base de cal en la cara superior de las bóvedas.

En este proyecto las luces transversales eran modestas, lo que hacía que los moldes fuesen livianos y baratos, de un manejo sencillo y económico. La construcción de las bóvedas se hizo de tal manera que en las juntas, entre los ladrillos, se dispuso la armadura necesaria para que pudieran trabajar cuando el hormigón había endurecido totalmente. En los va-



Figura 5
Iglesia del Gimnasio Moderno, Bogotá, 1953. Fuente: propia.

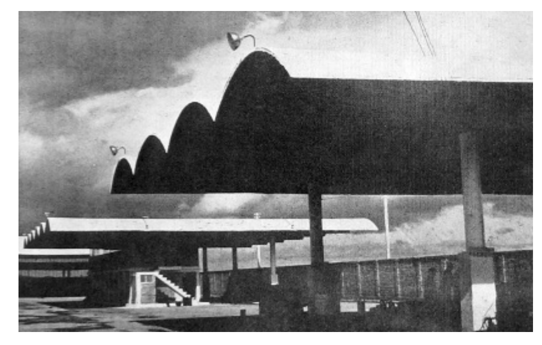


Figura 6
Estación de autobuses, Bogotá, 1952. Fuente: colección particular.

lles los empujes de las bóvedas se neutralizaban y producían solo una carga vertical que era resistida por el apuntalamiento que, dada la liviandad de la estructura, era muy económico.

Siete fotografías de este proyecto ilustraron un artículo de la revista «Architectural Forum» (S.A. 1954a), en el que se reseñaban importantes proyectos de todo el mundo construidos mediante estructuras laminares, a manera de resumen del evento académico que sobre el tema había organizado el MIT, en Boston, en junio de 1954. En este evento se presentó una comunicación de Billner y Zollman donde se mostraban con detalle las experiencias adelantadas por el primero de ellos en Bogotá, de la mano del arquitecto colombiano Álvaro Ortega, haciendo uso de la novedosa técnica de hormigón curado al vacío para la construcción de membranas de cubierta, tanto en proyectos de vivienda obrera como de edificios industriales.

En efecto, las primeras 300 unidades de vivienda del barrio Urdaneta Arbeláez [hoy Quiroga], en Bogotá, se construyeron entre 1951 y 1953 haciendo uso de cubiertas abovedadas laminares de 25 m^2 de superficie y 1½" de espesor. Una primera pieza se construía independientemente a nivel del suelo apoyándose sobre un encofrado de madera bastante simple y las restantes se fundían encima, una sobre otra, usando capas de papel como separador. Mediante la técnica de hormigón al vacío se reducían los tiempos de fraguado de tal manera que al cabo de pocos días, cada cáscara se podía izar mediante una grúa hasta apoyarse sobre los muros portantes de la vivienda (figura 7).

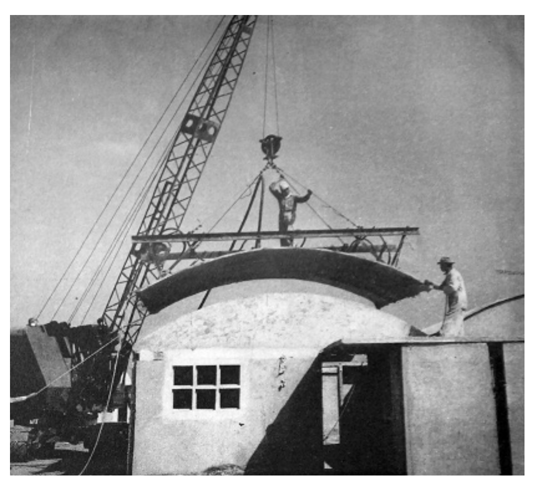


Figura 7
Cubiertas laminares en el barrio Quiroga, Bogotá, 1951–1953 (Billner y Zollman 1954).

El legado de Álvaro Ortega [1920–1991] ha sido prácticamente desconocido para la historiografía de la arquitectura reciente en Colombia. Formado como arquitecto en McGill University [1941], fue también discípulo de Walter Gropius en Harvard [1945] y a lo largo de su vida un entusiasta de las nuevas tecnologías, siendo bien reconocido por adaptar sistemas e ideas constructivas al contexto colombiano. Si bien su ejercicio profesional en Bogotá fue breve [mantuvo un despacho privado entre 1949 y 1956], fueron muy importantes sus experiencias técnicas en torno a la vivienda obrera a través de sistemas prefabricados e industrializados. A partir de 1956 se desempeñó como docente universitario y desde 1959 como asesor en temas de habitabilidad para la Organización de las Naciones Unidas, ONU y la Comisión Económica para América Latina, CEPAL (Escobar y Cárdenas 2006).Desde 1972 ejerció la docencia e investigación en McGill University, hasta su fallecimiento.

En la ponencia de Billner y Zollman (1954) para el evento del MIT también se hacía mención del edificio para una fábrica de gomas de mascar [Chicles Clark], del arquitecto Francisco Pizano, en Bogotá, cuyos cálculos habían estado bajo la dirección del ingeniero Eduardo Lleras y en el que la colaboración técnica de Álvaro Ortega fue crucial para diseñar el sistema de montaje de elementos estructurales prefabricados y de sus membranas de hormigón (figura 8). Un año después, en 1954, Pizano y su socio Roberto



Figura 8
Fábrica para Chicles Clark, Bogotá, 1953 (S.A. 1954b).

Rodríguez (egresados ambos como arquitectos de la Universidad de Michigan) recibían el encargo de un promotor particular para construir un edificio capaz de alojar un mercado formal en una importante vía bogotana. La solución arquitectónica, frente a un predio de forma irregular, consistió en crear un gran vestíbulo de planta cuadrada que González Zuleta cubrió mediante una bóveda de doble curvatura apoyada en cuatro columnas separadas entre sí por una distancia de 22,5 m. De nuevo, la mala calidad del suelo obligaba a reducir el número de apoyos puntuales (figura 9). La bóveda central de doble curvatura, construida también mediante el uso de ladrillos huecos de 5 cm de espesor, contaba con 8 lucernarios de planta circular que dejaban pasar la luz al interior del vestíbulo.



Figura 9
Mercado Rayo, Bogotá, 1954.Fuente: colección particular.

Este proyecto tenía un claro antecedente formal y constructivo en el edificio Brynmawr Rubber Factory, construido en Gales bajo los diseños de la firma de arquitectos Co-Op y con diseños estructurales del ingeniero anglo-danés Ove Arup entre 1948 y 1952. Pero lo más interesante en el proyecto colombiano fue sin duda el afinamiento de las técnicas constructivas de membranas en cerámica armada recubiertas con una cáscara de hormigón, también reforzada, que el propio González Zuleta emplearía ese mismo año en el diseño del nuevo hipódromo para Bogotá, del arquitecto Alvaro Hermiday en el cual la influencia del español Eduardo Torroja parece evidente, expresada a través de la ligereza de las bovedillas que en este caso alcanzan los 23 m de luz y exhiben su curvatura de 5 cm de espesor en sentido paralelo al de las tribunas (figura 10). Hasta prácticamente finales



Figura 10
Hipódromo de Techo, Bogotá, 1952. Fuente: propia.

de 1970 González Zuleta tendrá un importante papel en del diseño y cálculo estructural de numerosos proyectos deportivos entre los que se destacan las cubiertas para los estadios de Neiva, Pasto, Cúcuta y Cali, entre otros.

Para 1955 las «bóvedas de membrana» –versión en castellano del término acuñado por Salvadori (1955)–, eran ya una realidad en la arquitectura colombiana en virtud de sus ventajas constructivas, entre las que se destacaba su bajo costo frente a las estructuras metálicas, que para entonces demandaban materiales importados a precios elevados. Según un artículo publicado en la revista «Proa»:

> Hay que anotar las ventajas de las bóvedas de membrana en relación a otros tipos de estructuras para luces grandes. Poco peso y reducida presión del viento lo que permite elementos de apoyo a grandes distancias y en número reducido. Son económicas en hierro, en acabados y en mantenimientos. Permiten una mayor utilización del volumen cubierto por no haber cielo-rasos. Son incombustibles, resistentes a las inclemencias y a los impactos. Facilitan la apertura de vanos para una mejor iluminación. Por sus condiciones intrínsecas son la estructura indicada para iglesias, centros deportivos, hangares, fábricas, talleres, etc. Estas cualidades se acentúan sobre todo cuando se trata de competir con las costosas estructuras metálicas (S.A. 1955c, 5).

La búsqueda de la modernidad constructiva

A la vez que González Zuleta obtenía importantes encargos [públicos y privados] que le permitían diseñar y construir grandes estructuras laminares en cerá-

mica armada, otros profesionales avanzaban en el uso del hormigón como única solución constructiva. Y es que para finales de la década del 50, los principios técnicos del concreto armado eran ya del dominio de muchos ingenieros colombianos que buscaban superar la modernidad de las formas y adentrarse en la modernidad constructiva.

Así, se tienen ejemplos destacados de estructuras laminares concebidas y/o construidas enteramente en hormigón en el país: en 1952 los arquitectos Arango y Murtra construyeron una vivienda en la ciudad de Palmira [próxima a Cali] cubriéndola con bóvedas rebajadas de hormigón y explorando las ventajas climáticas que representaba el dejar libres los hastiales (S.A. 1952b); en 1955 el arquitecto Felipe Rolnik publicaba en «Proa» un proyecto para la iglesia del barrio Quiroga de Bogotá que hacía gala de emplear cuatro paraboloides hiperbólicos, siguiendo las enseñanzas de su profesor en la Universidad de North Carolina, Eduardo Catalano (S.A. 1955a); ese mismo año el arquitecto Eduardo Mejía, con cálculos de Joaquín Spinel, construía las cubiertas de la capilla para el colegio de La Enseñanza (figura 11), también en Bogotá (S.A. 1955b).



Figura 11
Capilla para el colegio La Enseñanza, Bogotá, 1955. Fuente: propia.

Destacadas serían las obras construidas a partir de 1955 por la firma «Estructuras de Ferroconcreto», de Bogotá, entre las que vale la pena mencionar las cubiertas para la piscina y el gimnasio de la Escuela Militar: la primera de ellas mediante una bóveda parabólica de 24 m de luz y 9 cm de espesor. Por su parte, la bóveda semiesférica que Doménico Parma diseñara en 1958 para cubrir la sala de lectura de la Biblioteca Luis Angel Arango, en Bogotá, de los arquitectos Esguerra, Sáenz, Urdaneta y Suárez, Ltda., será durante muchos años la más grande en el país, enteramente elaborada en concreto reforzado, con una luz de 28 m y dotada de casetones reticulares de 1,4 × 1,4 m para permitir la iluminación cenital.

En esa misma dirección fueron igualmente importantes los proyectos que se hacían por fuera de Bogotá: en Medellín el aeropuerto Olaya Herrera en 1957, diseño de Elías Zapata, Apolinar Restrepo, Alfonso Vieira y Jaime Zapata, con cálculos estructurales de Ignacio Arango, resolvía el vestíbulo de llegada mediante un conjunto de bóvedas semiesféricas construidas enteramente en hormigón (figura 12), dando forma a un edificio que antecede claramente al proyecto de Heinz Isler para el Indoor Tennis Center en Heimberg, de 1979.



Figura 12
Aeropuerto Olaya Herrera, Medellín, 1957. Fuente: propia.

Y cerrando la década, en 1959 el arquitecto Humberto Chica Pinzón construyó en Bogotá la cubierta para la capilla Nuestra Señora del Pilar [con diseños de «Spinel y Cía»], formada por paraboloides hiperbólicos de 24 × 24 m de superficie. Ese mismo año Valenzuela y Roca diseñaron las cubiertas plegadas del centro comercial El Chicó. En Cali, por su parte, se destacan las bóvedas rebajadas del edificio para el Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA de la firma Borrero & Caldas en 1958 (figura 13), la estación de servicio San Cristóbal en 1959 del arquitecto José Manuel Patiño, con cálculos estructurales de los ingenieros Gilberto Rodríguez y Jacobo Brecher y la bella cubierta de la iglesia de Fátima en 1959, de los arquitectos europeos Manuel de Vengoechea y José de Recasens (figura 14).

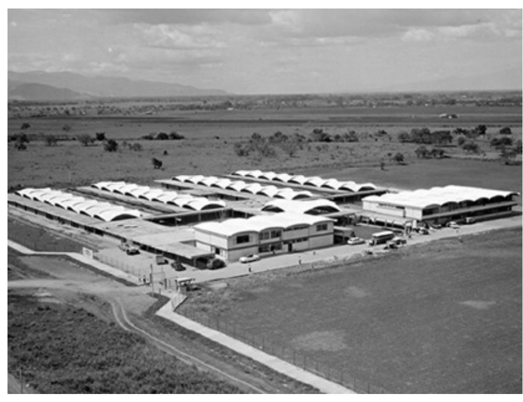


Figura 13
Sede para el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Cali, 1958. Fuente: colección particular.



Figura 15
Plaza satélite de mercado, Buga, 1959–1961.Fuente: colección particular.



Figura 14
Iglesia de Fátima, Cali, 1959. Fuente: propia.

Singular, aunque muy poco conocido, será el diseño del arquitecto Diego Salcedo para la plaza satélite del mercado de la ciudad de Buga en 1959, en donde se logra una vistosa bóveda de arista enteramente construida en hormigón armado capaz de cubrir una superficie aproximada de 1200 m^2, con apoyos separados entre sí por una distancia de 35 m y alcanzando una altura de 10 m sobre el nivel del piso (figura 15).

Muy importante en el desarrollo de las estructuras laminares en Colombia fue la presencia –intelectual y física– del arquitecto hispano-mexicano Félix Candela, quien desde 1956 entró en contacto con profesionales colombianos para adelantar trabajos de consultoría a través de su firma «Cubiertas Ala» (Galindo, Vargas y Tolosa 2015). Para entonces, sus logros formales y tecnológicos le habían permitido obtener a Candela un amplio reconocimiento internacional en España, América Latina y muy especialmente en Estados Unidos, empleando en sus diseños estructuras laminares de simple y doble curvatura construidas enteramente en hormigón armado con espesores de hasta 4 cm.

En Cali, a través del arquitecto Jaime Perea, Candela logró contratos entre 1958 y 1961 para diseñar una bodega en Yumbo para la firma Almagrán, la fábrica de textiles El Cedro, una iglesia, las plazas de mercado El Porvenir y Cristóbal Colón [hoy Santa Helena] y la sede para un supermercado particular.

Conclusión

A través de esta mirada por la historia constructiva de las estructuras laminares en Colombia es posible entender la manera en que ella tuvo lugar a través de dos caminos paralelos y simultáneos. Por una parte, bóvedas de membrana fueron construidas en cerámica armada aunque recubiertas de una capa de mortero de cemento, bajo la concepción de Guillermo González Zuleta, como resultado de un proceso propio de experimentación constructiva en procura de unos procesos de puesta en obra baratos y simples, dando pie a un caso de hibridación constructiva. De otro lado, ingenieros y arquitectos colombianos seguían las pautas de la técnica de la arquitectura Moderna y se aventuraban en la construcción de láminas

delgadas en hormigón armado, en un claro proceso de asimilación tecnológica. Ambas vías fueron válidas y se manifestaron en numerosos proyectos singulares, muchos de los cuales aún se conservan en pie y en servicio.

El punto de confluencia de estos dos caminos se presentaría en los primeros años de la década iniciada en 1960, en buena medida gracias al éxito internacional logrado por Félix Candela y el reconocimiento de que hacer membranas en hormigón era posible también en el contexto latinoamericano. No se trataba pues de una situación de desconocimiento o ignorancia: se trataba más bien de la búsqueda de alternativas en el campo de la construcción

Pero justamente cuando en Colombia se abrían las oportunidades para grandes estructuras laminares de hormigón armado, los altos costos de la mano de obra y de los encofrados en madera las hicieron inviables, a lo que se sumaron problemas de iluminación y acústica, adaptabilidad en sus usos, incompatibilidad con las redes de instalaciones y el progresivo abandono de su lenguaje formal.

Lista de referencias

Bilner, Karl y Zollman, Charles. 1954. Precast Thin-Shell Construction. En *Proceedings of a Conference on Thin Concrete Shells ad MIT*: 111–117. Cambridge: MIT.

Bonelly, Rafael. 1942. Bóvedas membranas. *Ingeniería y Arquitectura*, 40: 18–21.

Cornelissen, Henry. 1944. Bóvedas membranas de sección circular. *Ingeniería y Arquitectura*, 59: 5–10.

Escobar, Alberto y Cárdenas, Miguel. 2006. Hitos y protagonistas. En *La construcción del conceto en Colombia*, editado por Asociación colombiana de productores de concreto: 44–132. Bogotá: Panamericana.

Galindo, Jorge; Vargas, Hernando y Tolosa, Ricardo. 2015. Candela en Cali: seis proyectos de Félix Candela en la ciudad de Cali, Colombia (1958–1961). En *Actas del noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción,* Vol. 2. Editado por S. Huerta y P. Fuentes: 667–679. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Galindo, Jorge y Vargas, Hernando. 2016. Geometry and Construction at Cartagena de Indias Baseball Stadium's Thin Shell Roofs (Colombia, 1947). *Nexus Network Journal. Architecture and Mathematics*. DOI:10.1007/s00004-016-0321-9.

Gómez, Antonio. 1950. Bóvedas membranas de hormigón armado. *Ingeniería y Arquitectura*, 94–95: 15–17.

Guerra, Leopoldo. 1941a. Resistencia probable de un concreto a los veintiocho días. *Ingeniería y Arquitectura*, 25: 26–28.

Guerra, Leopoldo. 1941b.. Ensayo del cemento producido por la Fábrica del Valle «Cemento Conquistador». *Ingeniería y Arquitectura*, 26: 9–10.

May, Roland. 2015. Shell Sellers. The International Dissemination of the Zeiss-Dywidag System, 1923–1939. En *Proceedings - 5th International Congress on Construction History,* vol. 2. Editado por B. Bowen et al.: 557–564. Chicago: Construction History Society of America.

Nassar, Félix. 1941. Diseño de mezclas de concreto. *Ingeniería y Arquitectura*, 35:16–22.

Paredes, Luis y Garzón, Alfonso. 1941. Encofrados en ladrillo hueco. *Ingeniería y Arquitectura*, 27: 31–32.

Rother, Hans. 1984. *Arquitecto Leopoldo Rother. Vida y obra*. Bogotá: Escala.

S.A. 1943. *Bóvedas cáscaras de hormigón de cemento Portland*. Buenos Aires: Instituto del Cemento Portland Argentino.

S.A. 1952. Residencia en Palmira. *Proa*, 52: 6–10.

S.A. 1954a. Shell Concrete Today. *Architectural Forum*, 101: 157–166.

S.A. 1954b. Fábrica de chicles Clark. *Proa*, 74: 12–15.

S.A. 1955a. Iglesia para el barrio Quiroga. *Proa*, 87: 13–15.

S.A. 1955b. Capilla para el Colegio de La Enseñanza. *Proa*, 89: 16.

S.A. 1955c. Las bóvedas de membrana. *Proa*, 84: 5.

Salvadori, Mario. 1955. Thin Shells. *Architectural Record*, 116: 217–23.

Vargas, Hernando y Galindo, Jorge. 2015. The Construction of Thin Concrete Shell Rofs in Colombia during the First Half of the 20th Century: The Works of the Guillermo González Zuleta (1916–1995). En *Proceedings of the 5th International Congress on Construction History*, vol. 3. Editado por B. Bowen et al.: 525–533. Chicago: Construction History Society of America.

Revestimientos de mármol romanos. Análisis e interpretación

Rocío Gallego Blázquez

La técnica romana del revestimiento de paramentos con placas de mármol, desarrollada fundamentalmente entre los siglos I a.C y V d.C, constituye uno de los primeros ejemplos de la utilización de piedra como material de acabado. Es ampliamente reconocida por sus cualidades estéticas y por la perfección que llegaron a conseguir en los acabados. Esto genera mucho interés, pero también dudas acerca de las técnicas y procedimientos que utilizaron.

Existen numerosos estudios, centrados en emplazamientos que se han conservado en mayor o menor grado, que abordan esta técnica basándose en la observación y documentación de los elementos constructivos conservados in situ. De este modo, se puede saber que una serie de elementos aparecen sistemáticamente y otros en casos aislados. Sin embargo, no son muchos los autores que han formulado hipótesis sobre la función de estos elementos. Además, estos autores no siempre sostienen la misma opinión, por lo que es conveniente replantearnos estos aspectos desde un punto de vista constructivo, así como reflexionar sobre las posibles razones del uso de los elementos y su relevancia en el proceso constructivo.

Antecedentes

La explotación de canteras ya se practicaba desde la época egipcia, cuando se iniciaron las primeras expediciones geológicas con el fin de buscar distintos tipos de rocas que sirvieran como materia prima (Herrera 2012). Sin embargo, no fue hasta la apertura de la cantera de Carrara a mediados del siglo I a.C., cuyo mármol se hizo muy popular por su color, cuando comenzaron a aparecer los primeros ejemplos de esta técnica constructiva (Castro 1999).

Estos primeros revestimientos de mármol se aplicaban habitualmente en residencias imperiales. Uno de los primeros ejemplos conocidos de una casa romana decorada con mármol se remonta al año 143 a.C. Un poco posterior es la casa de Luco Craso en el Palatino, del año 90 a.C. (Dobbins 1983). Tras varios ejemplos ocasionales, habría que esperar hasta la política de Augusto, cuando las canteras existentes comenzaron a extraer piedra en grandes cantidades, para ver un mayor número de casos (Acocella 2004).

Es entonces cuando, motivado por las amplias cualidades estéticas de los mármoles, se reconstruyeron numerosos edificios públicos, sustituyendo materiales de acabado como terracota, estuco o adobe por revestimientos de placas de mármol. También era habitual su aplicación en edificios públicos de nueva construcción o incluso en elementos de mobiliario como mostradores de tabernas (Adam 1984). Además, se podían ver este tipo de revestimientos en residencias romanas imperiales, puesto que la utilización de un material noble como el mármol se consideraba sinónimo de estatus social (Wallace-Hadrill 1994).

Un hecho que sin duda influyó en el desarrollo de esta práctica constructiva es la notable evolución producida en los procesos de extracción y transporte

de los bloques de piedra, por un lado, y de su trasformación por otro.

Los romanos introdujeron ciertas novedades en cuanto a las técnicas de extracción existentes, como la realización de explotaciones subterráneas. También adquirieron conocimientos en cuanto a las cualidades físicas y al comportamiento de las rocas. A pesar de no poder aportar datos científicos, la observación y experimentación con distintos tipos de piedra ayudaron en gran medida a la elección tanto de la cantera como del sistema de extracción (Choisy 1999). Todo ello derivó en una extracción más segura y controlada, lo cual se traducía en un aprovechamiento más eficiente del material y en un ahorro de tiempo.

En cuanto al transporte de los bloques, disponían de calzadas para trasladarlos desde canteras cercanas a los talleres o a las construcciones, mediante carros tirados por bueyes, artilugios compuestos por grandes ruedas e incluso trineos. Este sistema evitaba que se encareciera el precio final del material, aunque no siempre era posible. Otro recurso fue la búsqueda y explotación de canteras ubicadas en zonas próximas a puertos fluviales o marítimos (González 2002; Atienza 2015). Esto posibilitó transportar nuevas variedades de mármol desde largas distancias, como Grecia, África o la actual Turquía. Gracias a ello, la elección del tipo de piedra podía basarse en los colores o el brillo, seleccionando variedades de mármol que, dependiendo del curso de la naturaleza de la roca, podían contener un mayor o menor porcentaje de caliza, granito, serpentina, alabastro, pórfido, jaspe u otros (Gnoli 1998).

Por otra parte, la invención de las primeras máquinas para serrar piedra, supuso un gran avance con respecto a los métodos de aserrado manual empleados hasta entonces. Con el tiempo se llegaron a producir placas de incluso 1 centímetro de espesor, consiguiendo el máximo aprovechamiento del material sin producir desperdicios (Adam 1984). La primera referencia gráfica de una máquina para serrar piedra se encontró en un relieve sobre el sarcófago de Marco Aurelio Amiano, del s. III d.C., en Hierápolis (Turquía). Consistía en una rueda hidráulica que se accionaba por unas palas movidas por el impacto del agua, y alimentaba a una sierra de doble corte. Otra referencia de la utilización de máquinas para serrar piedra se localizó en los descubrimientos arqueológicos de Gerasa (Jordania), del siglo VI d.C. Tras las excavaciones se encontraron columnas con claras marcas de cortes longitudinales, aparentemente realizados mediante una sierra con cuatro hojas de corte, puesta en marcha por un molino hidráulico (figura 1) (Grewe 2010).



Figura 1
Huellas en una columna antigua reutilizada, posiblemente realizadas con una sierra de cuatro hojas de corte, tensadas en un marco múltiple, encontrada en Gerasa (Jordania). S. VI d.C. (Grewe 2010).

Estos datos son muy significativos, puesto que la posibilidad de producir placas delgadas de piedra de una forma rápida y económica está directamente ligada al ingenio y posterior desarrollo del sistema constructivo de los revestimientos de mármol.

Técnica de revestimientos de mármol

Esta técnica, que tenía claros fines decorativos y estéticos, consistía básicamente en revestir muros con placas de piedra, adheridas a una capa de mortero. Generalmente se componía de tres secciones: zócalo, moldura situada sobre el zócalo y placas de revestimiento. El soporte habitual consistía en muros a base de sillares, mampostería o ladrillo. Otros soportes podían ser piezas decorativas, de mobiliario o elementos para formar el hipocausto romano, como sucedía en el caso de los tubuli de terracota instalados en termas para calentar las estancias (figura 2).

Gracias a las partes conservadas se puede intuir que los romanos desarrollaron una amplia variedad



Figura 2
Termas del Foro de Ostia (Roma). S. II d.C. Imagen del caldarium, donde se pueden observar restos de varios tubuli revestidos con placas de piedra (Acocella 2014).

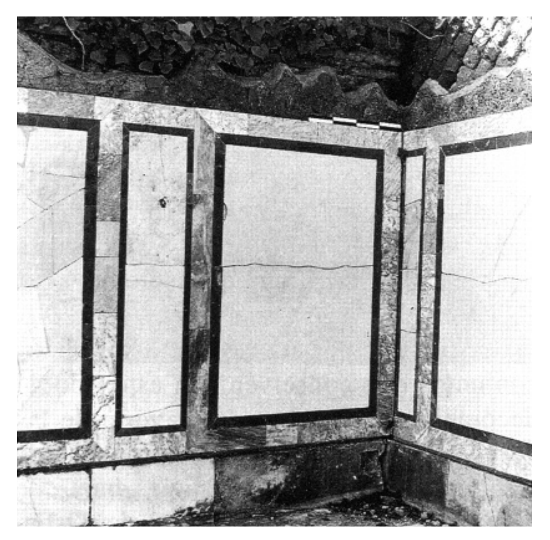


Figura 3
Revestimiento mural de grandes placas de mármol de recuadros polícromos. Casa de Amor y de Psique, Ostia (Roma). A*ño 300 d.C. (Adam 1984).*

de diseños. Utilizaban distintos formatos y colores de placas, generando composiciones más o menos complejas. Se puede decir que tenían nociones estéticas y compositivas que aprovechaban con la finalidad de generar una imagen concreta. La utilización de placas delgadas permitía además una mayor adaptación en cuanto a formas y tamaños, abriendo el abanico de posibles acabados y dando lugar al diseño del revestimiento de mármol desde principios compositivos (figura 3).

Aunque no se han conservado unidades completas del sistema constructivo, sí lo han hecho parcialmente en mayor o menor grado. Se han preservado cantidades importantes de mármol, especialmente en los zócalos. En algunos yacimientos incluso se encontraron placas completas o parte de ellas aún in situ y, en otros, ya desprendidas en el suelo. Además, en muchos casos se ha conservado la capa de mortero casi intacta.

En este sentido, todos los casos conservados cobran especial importancia, puesto que dejan constancia de los elementos constructivos que formaban parte del sistema de una manera bastante certera. Para conocer estos elementos es útil la revisión de estudios sobre yacimientos existentes, ya que se basan en la observación y documentación de los elementos constructivos localizados in situ. De este modo, se ha podido saber que una serie de elementos aparecen sistemáticamente y otros en casos aislados. En la tabla 1 quedan reflejados estos elementos.

Conocer los elementos integrantes del sistema ofrece información muy útil. Sin embargo, si pretendemos realizar un análisis más exhaustivo, no son muchos los investigadores que han formulado hipótesis sobre la función de estos elementos. Además, se dan ciertas discrepancias de opiniones. Por un lado, no está claro el procedimiento que empleaban para colocar la capa de mortero, ni por qué ésta presentaba una serie de incrustaciones. Por otro lado, se piensa que en una serie de casos recurrieron a la utilización de anclajes metálicos, además de la capa de mortero. Sin embargo, no se conservan ejemplos en los que estas grapas hayan sido encontradas in situ, posiblemente porque fueran saqueadas o reutilizadas

Elementos constructivo	Todos los casos	Casos aislados
Placas de piedra	X	
Capa de mortero aplicada en secciones	X	
Fragmentos incrustados en el mortero	X	
Agujeros en el muro soporte		X (presentes en soportes de fábrica de ladrillo)
Tapones de mármol y/o piezas de hierro o bronce alojados en los agujeros del muro soporte		X
Posible utilización de anclajes metálicos		X

Tabla 1
Elementos empleados en el sistema constructivo de revestimientos de mármol romanos (Autora 2017).

posteriormente. Esto dificulta el análisis de las mismas, complicando la tarea de asegurar su posición con respecto al perímetro de las placas de piedra y, por tanto, las teorías acerca de su posible función.

Hipótesis de diversos autores

Dadas las contrariedades en las hipótesis existentes, se considera relevante revisarlas desde un punto de vista constructivo, lo cual nos hará replantearnos los motivos por lo que utilizaron ciertos elementos y su relevancia en el proceso constructivo. A continuación, se revisarán las hipótesis de tres investigadores que han hecho aportaciones relevantes con respecto a estas cuestiones (Dobbins 1983; Adam 1984; Ball 2002). El orden de revisión se ha establecido siguiendo el orden cronológico en que fueron publicadas.

Dobbins (1983)

En el año 1983 Dobbins estableció no sólo las partes del sistema, sino un procedimiento para la colocación de las placas de mármol, tomando como base para ello las partes conservadas en la Basílica Emilia (Roma), del siglo II d.C. A partir de lo que establece Dobbins se pueden resumir los siguientes pasos:

Paso 1. Se practicaban una serie de agujeros sobre la superficie de un muro construido anteriormente. En el ejemplo de la Basílica Emilia estos agujeros se encontraron aproximadamente alineados a lo largo de líneas horizontales no equidistantes entre sí. En otros ejemplos Dobbins no observó este patrón tan claro.

Paso 2. En estos agujeros se incorporaban tapones de mármol acuñados en bronce o hierro, sobresaliendo de la pared, que servían para garantizar el agarre del mortero (figura 4).

Paso 3. Se procedía a colocar la capa de mortero de asentamiento. Ésta se colocaba por secciones, generalmente en hiladas horizontales de alturas variables (figura 5). Según la teoría de Dobbins, cada sección horizontal alcanzaría la misma altura que las placas de mármol que se fueran a instalar.

Paso 4. En la superficie del mortero aún húmedo, se incrustaban fragmentos irregulares de mármol y terracota. Las caras exteriores de estos fragmentos quedaban alineadas con la cara exterior de la superficie del mortero, proporcionando una superficie lisa para recibir las placas de mármol.

Paso 5: Se adherían las placas de piedra, en sentido ascendente, esto es, zócalo, moldura apoyada sobre el zócalo, y placas de revestimiento. Carrillo (1990), que observó este mismo patrón, localizó además líneas rojas sobre algunas partes de la moldura, interpretándolas como marcas de posición para la colocación de las placas superiores.

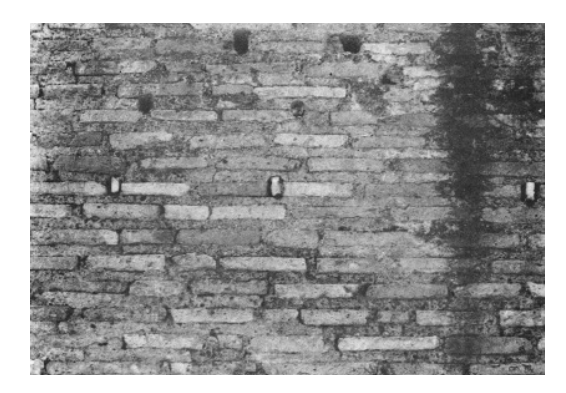


Figura 4
Tapones de mármol acuñados en cobre o bronce, encontrados in situ en el interior de la Basílica Emilia, Roma. S. II d.C. (Dobbins 1983).

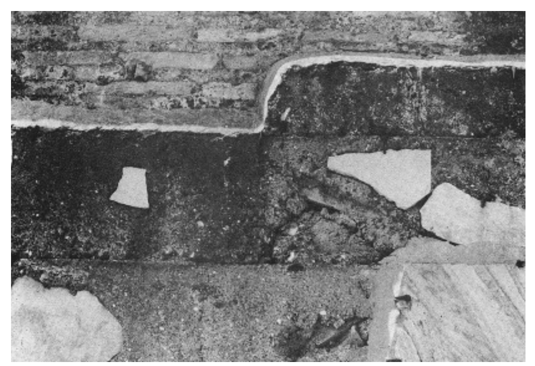


Figura 5
Restos conservados en el interior de la Basílica Emilia (Roma). Pueden distinguirse las secciones horizontales de mortero, los fragmentos de piedra incrustados en ellas y parte de una placa de revestimiento (Dobbins 1983).

En relación a los anclajes metálicos, Dobbins introdujo dos cuestiones. Por un lado, se refiere al considerable peso que las placas de revestimiento ejercen sobre la moldura y el zócalo, y alude a la necesidad de retener las placas con grapas. Por otro lado, estableció la posible ubicación de grapas mediante la observación de las placas de piedra conservadas. En una de ellas localizó muescas y un agujero con manchas de óxido de hierro, lo que le permitía asegurar que, al menos en esos puntos, la placa había estado asegurada por un clavo y una o varias grapas metálicas. En la figura 6 pueden verse una serie de clavos de hierro que Dobbins documentó durante las excavaciones de la villa romana en La Befa, Italia. Aunque no se puede asegurar su uso, podrían ser del tipo utilizado para asegurar las placas de piedra.

Adam (1984)

Adam resumió el proceso constructivo del sistema de un modo bastante simple. Indica que las placas de mármol se colocaban sobre una capa de mortero de cal con fragmentos de mármol, y que la perfección del acabado dependía fundamentalmente de la habilidad del albañil para conseguir una yuxtaposición uniforme entre las placas y la adecuada nivelación y continuidad de todas ellas. Según Adam, las incrustaciones de fragmentos de mármol funcionaban como marcas que se nivelaban con una gran regla. Una vez conseguida esta superficie uniforme y lisa, ya estaba preparada para recibir las placas de mármol.

En cuanto a la utilización de fijaciones, Adam propuso que se usaban grapas metálicas en los casos en que las placas de piedra tenían unos espesores mayores, haciendo que el revestimiento fuera en cierto modo auto portante, pero al mismo tiempo más inestable. Ginouves y Martín (1985) representaron un sistema en el que parecían hacer referencia a este tipo de grapas (figura 7). Aunque Adam no localizó grapas in situ, interpretó los agujeros encontrados en el muro soporte como la evidencia de la posición que en algún momento ocuparon.

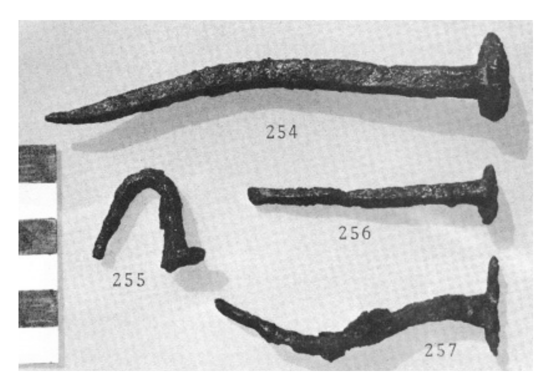


Figura 6
Clavos de hierro localizados durante las excavaciones de la villa romana en La Befa (Italia) (Dobbins 1983).

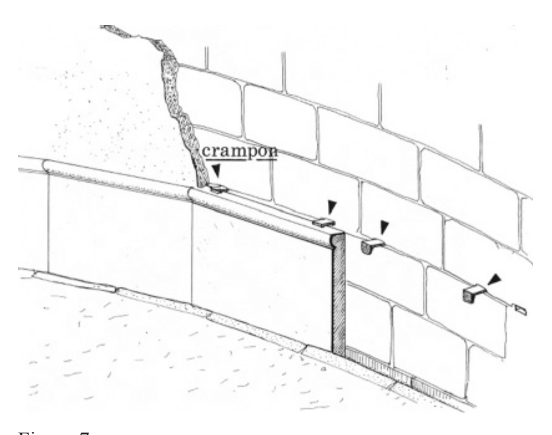


Figura 7
Representación de *zócalo de placas de már*mol en el anfiteatro de El Jem (Túnez) (Ginouves y Martín 1985. Dibujo de Golvin J-C).

Ball (2002)

Ball analizó varios ejemplos ubicados en Pompeya, utilizándolos como base para exponer sus hipótesis. En base a las evidencias observadas, enumeró cinco elementos que formaban parte del sistema en los casos estudiados:

- Pequeños agujeros practicados sobre la superficie de un muro previamente realizado.
- Grapas de bronce o hierro ubicados en esos agujeros.
- Pequeños tapones de mármol introducidos en los agujeros para mantener los anclajes en su lugar.
- Capa de mortero.
- Fragmentos irregulares incrustados en el mortero.

En cuanto a la aplicación de la capa de mortero, Ball observó distintos patrones. En unos casos se había dispuesto en grandes secciones sobre las que se colocaban varías placas de piedra, mientras que en otros lo hacía en secciones coincidentes con las dimensiones de las placas, presumiblemente cuando éstas eran de gran tamaño

Referente a los fragmentos, Ball propone que estaban incrustadas en el mortero, quedando a una profundidad mayor. Varios de los ejemplos que estudió presentaban incrustaciones de piezas curvas de terracota en lugar de piedra, lo que hace más evidente su teoría. Por otro lado, Ball no observó un patrón claramente definido a la hora de incorporarlos. En unos casos se insertaban alrededor del perímetro de cada cuadrante de mortero (figura 8), mientras que en otros parecían colocarse de una forma más o menos aleatoria. En los ejemplos más recientes que observó, se habían colocado con una combinación de ambos, manteniendo una mayor concentración de cuñas en el perímetro, e introduciendo también otros en el interior del cuadrante. Para Ball, esta disposición irregular de las cuñas implica que su función no puede depender de su localización con respecto a las placas de revestimiento. Su hipótesis es que su función está relacionada con facilitar la colocación de las placas, solucionando el problema de la alta viscosidad del mortero. De este modo los espacios que dejan las incrustaciones darían un margen mayor para ajustar la posición final de las placas una vez que éstas fueran presentadas, sin perder adherencia. Para demostrar su hipótesis, Ball empleó un modelo dinámico, una reproducción a escala 1:35, tras lo cual consideró el uso de las incrustaciones no sólo conveniente, sino necesario para conseguir el margen de adaptabilidad necesario a la hora de colocar la placa.

Con respecto a la utilización de fijaciones metálicas, Ball interpretó como evidencia de su uso y posición los agujeros conservados en la pared, en alguno de los cuales pudo localizar tapones de mármol



Figura 8
Incrustaciones de piezas curvas de terracota en el perímetro de las secciones de mortero. Ala Esquilino en la Domus Aurea (Roma). S. I d.C. (Ball 2002).

in situ. A partir de sus observaciones, se puede deducir la siguiente clasificación de anclajes:

Tipo 1: grapas dispuestas a lo largo de una línea horizontal, sobre las placas de zócalo o molduras.

Tipo 2: grapas dispuestas en la parte superior e inferior de las placas, o sólo en la parte superior de las mismas, dispuestas regularmente a lo largo de líneas horizontales a una distancia variable.

Tipo 3: grapas dispuestas de manera irregular alrededor del perímetro de la placa, no limitándose a la parte superior o inferior.

Tipo 4: grapas dispuestas a ambos lados de las juntas verticales entre placas, alternativamente a cada lado y a intervalos irregulares.

Ball opina que la disposición de las grapas con respecto a la placa contradice la idea de que éstas pudi-

eran tener funciones estructurales, especialmente cuando se colocaban en la parte superior de las placas y con el gancho apuntando hacia abajo. Por ello, propuso que la función de las grapas podría ser establecer una distancia concreta entre las placas de revestimiento y el muro soporte, permitiendo que las placas quedaran bien alineadas entre sí. Tras ajustar la placa en uno de sus extremos, se presionaría con un movimiento pivotante hasta que quedara alineada con las grapas del otro extremo. Una vez colocada en su posición final, las grapas la retendrían evitando que se hundiera o volcara (figura 9).

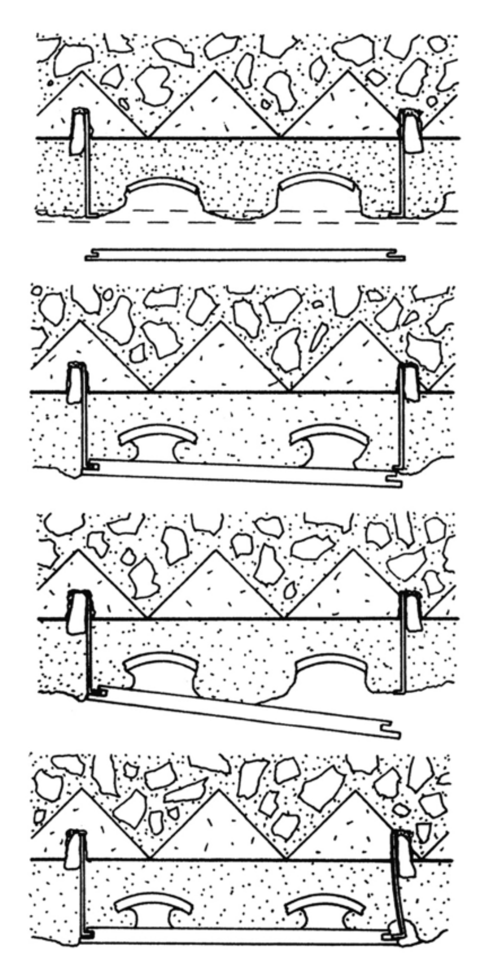


Figura 9
Representación gráfica del proceso constructivo propuesto por Ball (Ball 2002).

Resumen de las hipótesis

Para resumir las similitudes y diferencias en los tres puntos de vista revisados, se ha realizado una tabla descriptivo-comparativa (tabla 2).

Discusión

Tras la revisión previa se considera oportuno hacer una serie de reflexiones sobre los argumentos revisados, que nos permitan incidir sobre ciertos aspectos.

Capa de mortero

A la vista de las partes conservadas analizadas por los autores, se puede afirmar que la aplicación de la capa de mortero no respondía a un procedimiento estándar y que existieron, al menos, tres posibles métodos: aplicación parcial en forma de secciones horizontales de alturas variables, aplicación parcial en forma de grandes secciones y aplicación parcial en secciones correspondientes con el tamaño de las placas de piedra. Estas diferencias parecen indicar que, probablemente, el método de aplicación dependía del diseño del revestimiento.

Parece lógico pensar que las placas de pequeño tamaño se colocaran más fácilmente, por lo que se podrían adherir varias de ellas en una misma secuencia sobre una sección amplia de mortero. Sin embargo, las placas de gran tamaño requerirían un mayor cuidado durante la puesta en obra, puesto que mínimos errores de ejecución se traducirían en imperfecciones en el acabado. Por ello, estas grandes placas se colocarían individualmente sobre su propia sección de mortero, no procediendo a colocar una hasta que la anterior se encuentre fija en su posición.

Fragmentos en el mortero

No está clara la función de los fragmentos incrustados en el mortero, aunque se pueden plantear varios aspectos. En primer lugar, es evidente que las hipótesis de Ball contradicen ciertas suposiciones de Dobbins y Adam. Tal y como Ball observó, cuando se empleaban piezas curvas de terracota sería imposible que quedasen enrasadas con el mortero para conse-

Autores / Elementos	Dobbins	Adam	Ball
Agujeros en el muro soporte	Para incorporar los tapones de mármol	Para incorporar las grapas metálicas	Para incorporar las grapas metálicas
	Dispuestos a lo largo de líneas horizontales o de manera irregular, según el caso	Reflejan la posición de los anclajes metálicos	Reflejan la posición de los anclajes metálicos
Tapones de mármol	Insertados en los agujeros del muro, sobresaliendo	No se indica	Insertados en los agujeros del muro
	Para garantizar el agarre del mortero		Para asegurar las grapas metálicas
Cuñas de hierro/bronce	Para asegurar los tapones de mármol	No se indica	No se indica
Capa de mortero	Aplicada en secciones horizontales de alturas variables	No se indica	Aplicada en grandes secciones
			Aplicada en secciones coincidentes con las dimensiones de la placa de mármol
Incrustaciones en el mortero	Fragmentos de mármol y/o terracota	Fragmentos de mármol	Fragmentos de mármol y/o piezas curvas de terracota
	Disposición aleatoria	Disposición aleatoria	Disposición aleatoria y/o perimetralmente a las secciones de mortero, según el caso
	Ensaradas con la cara exterior de la capa de mortero	Ensaradas con la cara exterior de la capa de mortero	Incrustadas, a mayor profundidad que la cara exterior de la capa de mortero
	Proporcionan una superficie lisa para recibir las placas de mármol	Funcionan como marcas de nivel para conseguir una superficie lisa y uniforme para recibir las placas de mármol	Facilitan la colocación de las placas, ofreciendo un mayor margen de movimiento para ajustar la posición final
Fijaciones metálicas	Grapas metálicas Clavos metálicos	Grapas metálicas en los agujeros del muro soporte	Grapas metálicas en los agujeros del muro soporte
		Para evitar la inestabilidad de placas gruesas	Efecto retenedor
			Para establecer una distancia concreta entre las placas y la pared, permitiendo que queden bien alineadas entre sí

Tabla 2
Tabla descriptivo-comparativa de las hipótesis revisadas (Autora 2017).

guir una superficie lisa de apoyo, por lo que entendemos que ésa no podía ser su función principal. Por la misma razón tampoco podían funcionar como marcas de nivel para conseguir una superficie uniforme, como suponía Adam, ya que no se colocaban antes o junto con la capa de mortero, sino que se incrustaban posteriormente y no llegaban a tocar el muro soporte. Además, los romanos disponían de herramientas de medida que podían haber empleado para el control del espesor y planeidad de la capa de mortero. Tampoco tenían sentido esas superficies lisas de contacto piedra-piedra o terracota-piedra donde se perdería la adherencia, derivando en problemas de comportamiento posterior. Esto es más claro en los puntos del paramento en los que existía una proporción muy elevada de fragmentos o fragmentos de gran tamaño.

Una vez descartadas estas posibilidades, plantearemos los aspectos que nos acerquen a la posible fun-

ción de los fragmentos. Lo primero a tener en cuenta es la disposición a la hora de incrustarlos en la capa de mortero. Aunque no parece seguir una secuencia lógica, ni una proporción igualitaria en todas las secciones, como apreciaron los tres autores, sí que parecen distinguirse dos amplias tipologías. En los ejemplos en los que la capa de mortero servía para varias placas, los fragmentos estaban dispuestos de una forma más aleatoria. Sin embargo, en alguno de los ejemplos estudiados por Ball, como sucedía en el Ala Esquilino de la Domus Aurea, donde la capa de mortero se había aplicado en secciones individuales para cada placa, los fragmentos se situaban visiblemente alrededor de su perímetro.

Esto nos lleva a plantearnos si su disposición podría estar relacionada con el diseño del revestimiento, para facilitar la puesta en obra o para mejorar la durabilidad del revestimiento. El primer supuesto corresponde con la hipótesis planteada y desarrollada por Ball. Para los romanos era muy importando conseguir no sólo una correcta posición de las piezas, sino una adecuada planeidad de la placa y una perfecta yuxtaposición entre ellas. Ante la dificultad que suponía ajustar la posición final de las placas una vez presentadas en su posición, debido a la alta viscosidad del mortero romano, los fragmentos facilitarían el proceso, proporcionando un margen de movimiento y adaptación al mortero, y permitiendo el ajuste final de las placas. La hipótesis de Ball, por tanto, tiene sentido.

Esta suposición nos lleva a exponer la segunda posibilidad. Si los fragmentos, incrustados a mayor profundidad, daban un margen de ajuste permitiendo un ligero movimiento, también colaborarían en absorber los errores dimensionales de grosor que se puedan arrastrar del corte de las placas y los defectos de planeidad a causa de las irregularidades superficiales del muro soporte. De esta manera, al ajustar la placa en su posición final, la capa más superficial del mortero se adaptaría a la superficie interior de las placas, rellenando los posibles huecos que quedasen y asegurando una buena adherencia en todas sus partes. Son conocidos los problemas derivados del hecho de poner en contacto dos materiales con un comportamiento térmico e higroscópico diferente, por lo que asegurar una distribución equilibrada y uniforme de las cargas, garantizaría una adecuada adherencia entre ambos materiales, mejorando la durabilidad.

Fijaciones metálicas

En cuanto a las fijaciones metálicas, la única manera de revelar su función sería asegurando su posición con respecto a la placa. Sin embargo, el hecho de éstos no se hayan conservado in situ hace que haya habido que buscar otras evidencias, motivo por el cual cada investigador buscó las suyas propias.

Dobbins adoptó como evidencia las marcas en las placas de piedra, asegurando que, al menos en aquellos puntos, la placa estaba asegurada con anclajes metálicos. Si en esos agujeros con marcas de óxido había existido un anclaje, eso supondría que la fijación en ese caso consistiría en uno o varios clavos de hierro que atravesaban la placa.

Por su parte, Ball aceptó como evidencia los agujeros encontrados en el muro soporte, e interpretó los tapones de mármol que encontró en alguno de ellos como cuñas que mantenían los anclajes en su lugar. Cuando Dobbins localizó este tipo de tapones in situ, sin embargo, los describió como tacos que facilitaban el agarre del mortero, y que se acuñaban con una pieza de mármol. En otras excavaciones realizadas también se han encontrado este tipo de piezas in situ, interpretándose como parte de un anclaje que habría ocupado aquella posición. En cualquier caso, no se puede asegurar si los agujeros en el muro indicaban la posición de los anclajes ni si las pequeñas piezas de hierro o bronce eran parte un anclaje.

Adam también interpretó estos agujeros como la prueba de la existencia de anclajes, cuyo uso era necesario para asegurar placas que fuesen más anchas y pesadas y, por tanto, más inestables. Esta suposición parece lógica, al estar estas placas más expuestas a desprenderse. Lo mismo sucedería con las placas del zócalo ya que, al recibir el peso de las piezas superiores, se produciría una pérdida de adherencia progresiva, necesitando un elemento retenedor.

En base a todas estas evidencias, a veces contradictorias, es difícil establecer hipótesis en cuanto al motivo concreto por el que utilizaban anclajes metálicos. No obstante, podemos asegurar que:

– Su uso no se puede considerar imprescindible para el funcionamiento del sistema, ya que no se utilizaban de manera sistemática.
– Su uso no tenía sentido en determinados casos, especialmente cuando se trataban de revestir

los paramentos en termas, ya que el elevado grado de humedad terminaría por oxidar e inutilizar las fijaciones.

Por tanto, independiente de si se disponían clavadas en la placa, como suponía Dobbins, en placas gruesas, como suponía Adam o alrededor de uno o varios cantos de la placa, como suponía Ball, su función tenía que estar relacionada con retener las placas en su posición. Estos trabajarían como anclajes de retención, colaborando con el mortero para asegurar la posición de la placa. Probablemente no se utilizaban en todos los casos ya que su uso sólo sería imprescindible en aquellas placas más susceptibles de sufrir fallos: zócalos, placas de gran espesor y placas de gran tamaño.

Procedimiento constructivo

No se puede saber hasta qué punto los romanos conocían los problemas constructivos de este sistema constructivo, pero no podemos obviar el elevado número de casos existentes. Si utilizaban un material que era muy costoso, tanto por la dificultad de su extracción y transporte, como por la complicada tarea del aserrado de las placas, es de suponer que utilizarían los medios necesarios para asegurar no sólo un buen acabado sino la mayor durabilidad posible.

Es probable, por tanto, que inicialmente existiese un procedimiento más o menos estándar y que, en diseño más complejos y más susceptibles de sufrir fallos, tuviesen que ir adaptándolo progresivamente. En este contexto, las diferencias observadas en el proceso constructivo podrían interpretarse como una respuesta técnica ante diferentes problemas de ejecución y de comportamiento, indicados a continuación:

- Problemas de ejecución en placas de gran tamaño y placas de gran grosor: dificultad para ajustar la posición, falta de yuxtaposición y/o falta de planeidad. La solución en este caso podría ser una disposición más estudiada de las secciones de mortero y de la ubicación de los fragmentos incrustados.
- Problemas de comportamiento en zócalos, placas de gran tamaño y placas de gran grosor: inestabilidad, pérdida de adherencia y/o caída de placas. La solución en este caso podría ser la utilización de clavos o grapas metálicas de retención.

Conclusiones

Es arriesgado establecer las funciones de las distintas partes de este sistema constructivo, ya que no podemos asegurar la intención real que tenían los romanos al utilizar ciertos elementos o cuáles eran los pasos exactos durante la ejecución. Lo que sí podemos saber es que las diferencias encontradas en los ejemplos conservados reflejan que no existía un procedimiento idéntico para todos los casos, sino similar.

Por otra parte, sabemos que los romanos buscaban unos buenos acabados, acordes a la nobleza del material utilizado, por lo que es razonable suponer que, si empleaban una técnica conocida y no conseguían los resultados esperados, incorporarían los recursos necesarios para solucionarlo. Por tanto, entendemos que las diferencias en cuanto a la utilización de determinados elementos constructivos y su disposición en el paramento no pueden ser casuales. Es muy probable que adaptaran sus conocimientos técnicos ante problemas de ejecución o durabilidad que se diesen en diseños complejos, con el fin de solucionar uno o varios de ellos.

Lista de Referencias

Adam, J-P. 1984. *La construction romaine: matériaux et techniques*. Picard, París.

Acocella, A. 2004. *L'Architettura di Pietra. Antichi e nuovi magisteri costruttivi*. Alinea, Lucense.

Acocella, A. 2014. Tegole e tubuli per pareti areate. *Journal Architetturadipietra*. http://www.architetturadipietra.it/wp/?p=6349.

Atienza, J. 2015. Machinae: el uso de ingenios mecánicos aplicados a la actividad constructiva en época romana. *Actas del IX Congreso Nacional y I Congreso Internacional Hispanoamericano*, Segovia, 13–17 octubre 2015, vol.1:157–166.

Carrillo Díaz-Pinés, J.R. 1990. Técnicas constructivas en la villa romana de El Ruedo (Almedinilla, Córdoba). *Anales de Arqueología Cordobesa*, nº1: 81–107.

Castro Villalba, A. 1999. *Historia de la construcción arquitectónica*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Choisy, A. 1999. *El arte de construir en Roma*. Ed. a cargo de Huerta Fernández, S y Girón Sierra, F.J. Madrid: Cen-

tro de estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo.
Ginouves, R; Roland, 1985. M Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine. vol.1: Matériaux, techniques de construction, techniques et formes du décor. Atenas: Ecole francaise d'Athènes.
Gnoli, R. 1988. *Marmora romana*. Roma: Elefante
Grewe, K. 2010. *La máquina romana de serrar piedras. La representación en bajorrelieve de una sierra de piedras de la antigüedad, en Hierápolis de Frigia, y su relevancia para la historia técnica*. Tr. Miguel Ordoñez. V Congreso de las obras públicas romanas: 381–401.
Herrera Herbert, J. 2012. *Manual de rocas ornamentales. Prospección, explotación, elaboración y colocación*. Cap.2. Madrid: Gráficas Arias Montano.
Marta, R. 1990. *Architettura romana: tecniche costrruttive e forme architettoniche nel mondo romano*. 2ª ed. Roma: Kappa.
Morena López, J.A; Moreno Rosa, A. 2010. *Apuntes sobre el urbanismo romano de Torreparedones* (Baena, Córdoba). V Congreso de las obras públicas romanas: 429–460.
Moreno Lozano, S. 2015. Técnicas edilicias en la ciudad ibero-romana de Torreparedones (Baena, Córdoba). *Arqueología y territorio* nº 12: 75–88.
Roldán Gómez, L. 1992. T*écnicas de construcción romanas en Carteia (San Roque, Cádiz*). *Monografías de arquitectura romana*, 1. Universidad autónoma de Madrid.
Wallace-Hadrill, A. 1994. *Houses and Society in Pompeii and Herculaneum*. New Yersey: Princeton University Press.

El proceso constructivo de una fortaleza medieval: el Castillo de la Estrella de Montiel (Ciudad Real)

David Gallego Valle
Jesús Manuel Molero García

El castillo de La Estrella se localiza en la población de Montiel, al sur de la provincia de Ciudad Real, sobre un cerro testigo alrededor del que se distribuye el actual municipio (figura 1). La erección del edificio, en sus distintas fases históricas, debió suponer un importante desafío para los constructores medievales, tanto por el tamaño del perímetro murado como por la adaptación de las estructuras defensivas a los condicionantes del terreno formado por un gran roquedo fuertemente erosionado.

La fortaleza tiene dos fases claramente diferenciadas, la islámica (siglos IX-XII) y la cristiana (siglos XIII-XVI). En el presente trabajo pretendemos estudiar el proceso constructivo que se siguió para la erección de la fortaleza cristiana que fue a su vez, sede de una encomienda de la Orden Militar de Santiago. Sabemos que tras la reconquista cristiana (1227) se llevaron a cabo algunas obras de adaptación de la vieja fortaleza islámica, no obstante, la construcción propiamente dicha del castillo cristiano hay que fecharla entre las últimas décadas del siglo XIII e inicios del XIV, documentándose también reparaciones y reformas parciales a lo largo de todo el siglo XV y principios del XVI, momento de su abandono (Molero y Gallego 2013). Cada estructura y cada momento histórico requeriría un análisis pormenorizado, sin embargo, dado las limitaciones de espacio, nos centraremos en el estudio del proceso edilicio general, señalando las actuaciones más significativas de dicha fase constructiva.

El método seguido en nuestra investigación ha sido variado y desde una perspectiva multidisciplinar. De esta forma, hemos ido extrayendo datos aplicando los principios de la arqueología de la arquitectura, se han realizado excavaciones arqueológicas en varias zonas del recinto, se han obtenido informaciones relevantes a partir de las fuentes de archivo y finalmente, se ha incorporado la experiencia directa en obra a partir de los trabajos de consolidación en las estructuras que venimos desarrollando desde el año 2012 hasta el presente. El contraste de las fuentes de información y la objetivación de las mismas ha estado siempre presente en nuestra labor, sobre todo en lo que atañe a la difícil confluencia entre los datos recogidos en la documentación escrita y la huella arqueológica (Barceló 1988, 74; Carrero 1989).

A partir de este análisis combinado de métodos y fuentes, hemos podido comprobar cómo la erección de la fortaleza de la Orden de Santiago conllevó una profunda remodelación del antiguo *hisn* islámico, así como de la propia orografía del terreno, movilizando una gran cantidad de recursos materiales y humanos. La edificación supuso la utilización de variadas soluciones técnicas y arquitectónicas, en las que los alarifes medievales mostraron sus conocimientos y experiencia para dar solución a importantes retos, como es el caso de la torre del homenaje, levantada sobre un farallón rocoso inestable de piedra tobácea o el complejo sistema de entrada de la llamada torre de Hierro, todo un alarde de poliorcética, por poner dos ejemplos significativos a los que dedicaremos parte de este estudio.

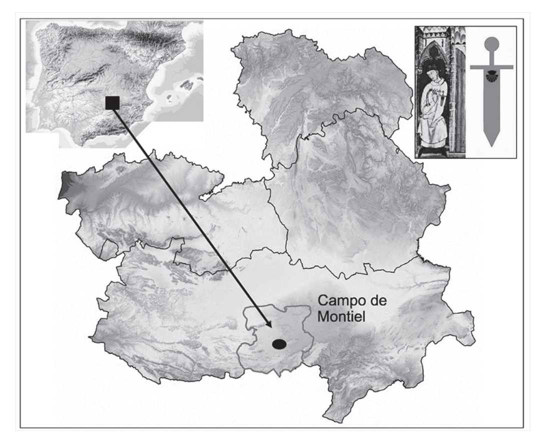


Figura 1.
Localización del castillo de La Estrella (Montiel)

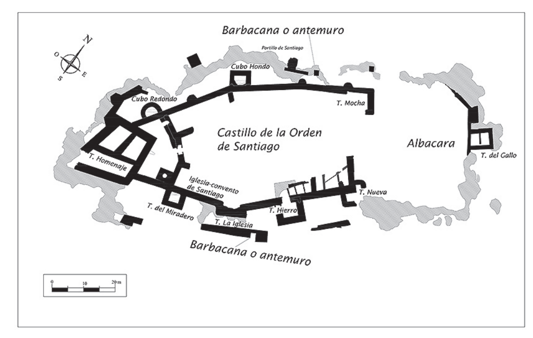


Figura 2.
Planta del castillo de La Estrella en el estado actual de la investigación. Los nombres de las torres y lienzos se corresponden con los que aparecen en las fuentes documentales

El castillo de La Estrella: historia y morfología

La morfología del castillo de Montiel es un fiel reflejo de las distintas culturas que lo han habitado a lo largo de la historia, dando lugar a un edificio multifásico que está empezando a salir a la luz al compás de los trabajos de excavación y consolidación que estamos realizando en el inmueble.

La fortaleza propiamente dicha ocupa aproximadamente una hectárea de extensión y se adapta a la orografía del crestón rocoso donde se asienta. Desde el punto de vista militar contó con hasta tres grandes recintos defensivos: en primer lugar la muralla cristiana de la villa que podemos considerarla como la típica cerca urbana; en segundo lugar una gran barrera o antemuro que en el frente sur las fuentes denominan *barbacana* y que coincide con el recinto islámico de la fortaleza, reutilizado y reformado posteriormente por los cristianos; y finalmente, el castillo cristiano propiamente dicho, del que se podría aislar la torre del homenaje que junto con su patio y muro de separación del resto del recinto forma una estructura defensiva en sí misma (figura 2).

La muralla de la villa

Este primer recinto defensivo, que parte de lo alto de la fortaleza y baja y se extiende por toda la ladera sur del cerro, fue construido ya en época cristiana, posiblemente a la vez que la parroquia de la Virgen de La Estrella (1/2 del siglo XIII-principios del XIV), en un momento de crecimiento de la villa y de desarrollo económico e institucional del concejo de Montiel (Molero y Gallego 2017). La cerca debió ser visible hasta el siglo XVI, momento en el que probablemente comenzó su desmantelamiento para servir de cantera a las construcciones de la nueva población. Su fábrica es muy potente y está realizada a base de encofrados perdidos de mampostería de caliza y arenisca, alcanzando los 2 m de espesor en algunos puntos. Aunque sólo se ha localizado en dos puntos del yacimiento, sabemos por las fuentes que:

> antes de la barbacana había una cerca de piedra de mampuesto que venía a media cuesta y se guiaba desde el pie de la torre del homenaje a dar a la iglesia vieja que nombraban Nuestra Señora de La Estrella, y va a dar la derecha de la ribera del Jabalón, a ojo del camino que viene de Villahermosa a esta villa (Campos 2009, 667–668).

Integrado en estas defensas se localizaba el camino que permitía ascender desde la base del cerro hasta la villa medieval, para posteriormente continuar hasta entrar en el castillo por la puerta de Hierro. Aunque las fuentes son parcas sobre el mismo, sabemos por las excavaciones realizadas que estaba empedrado y que contaba con un pretil protegido, quizás muy similar al que se ha conservado parcialmente en la rampa de acceso al castillo de Montizón (Villamanrique, Ciudad Real).

La barbacana y el antemuro

Se adapta en toda su extensión a los afloramientos rocosos que conforman el cerro en su parte alta, con un trazado que intenta ser rectangular y que se corresponde a grandes rasgos con la fortaleza de origen islámico. Aunque sus restos se encuentran hoy perdidos u ocultos por los escombros y obras cristianas posteriores, se pueden distinguir un conjunto de estructuras que respondena tres grandes etapas constructivas ligadas a la ocupación musulmana,aunque obviamente se produjeron reformas y adaptaciones tras la conquista cristiana (Gallego 2016a).

La primera etapa la asociamos al período Omeya (segunda mitad del siglo IX- principios del XI) en donde se erige la primera construcción fortificada del Montiel medieval. Se configura mediante una muralla a base de mampostería dispuesta a espiga que se va adaptando a los cantiles. Todo el perímetro de la fortaleza debió estar salpicado de torres cuadrangulares, muchas de ellas macizas, pero sólo se han conservado parcialmente en el frente norte del castillo.

La segunda fase es más difícil de adscribir cronológicamente, aunque se puede acotar entre la segunda mitad del siglo XI y la primera del XII, correspondiente a las primeras taifas y a la invasión almorávide. Se caracteriza por la construcción de nuevas torres y un forro de los paramentos de la fase anterior mediante fábricas de tapial hormigonado. Se localiza fundamentalmente en los frentes norte y este del recinto.

En la etapa final, que identificamos con el periodo almohade (1195–1227), se produjo la construcción de la denominada torre del Gallo mediante el uso de un tapial hormigonado de gran calidad. Su misión era defender el primer acceso a la fortaleza, así como el albacar que se extiende hacia el este y que estaba cerrado por una torre de la que sólo se conserva su negativo en la roca.

El castillo de la Orden de Santiago

Tras la conquista de Montiel (1227) y prácticamente hasta mediados de siglo XIII, siguió en uso, con algunas reformas puntuales, la vieja fortaleza islámica heredada por la Orden de Santiago (Molero y Gallego 2013). En este momento se produce la primera construcción cristiana de cierta entidad, con la erección de una primitiva torre del homenaje, situada en la plataforma superior, en el frente norte del castillo, aproximadamente en la mitad de su tramo.

No obstante, será a fines de esta centuria e inicios del siglo XIV cuando, debido al desarrollo de la encomienda de Montiel, los santiaguistas afronten la erección de un nuevo recintoque se adaptará a las nuevas funciones económicas y administrativas del edificio, sin descuidar la atención a las necesidades militares. Para ello, en la mitad oeste de la meseta superior se levantó un perímetro murado de prácticamente media hectárea de extensión, con unas características constructivas muy concretas (figura 3). La fábrica de este nuevo recinto es muy homogénea y se observa cómo responde en su mayor parte a un solo esfuerzo constructivo. El muro fue levantado mediante encofrados perdidos de sillarejo de arenisca y con abundante uso de la sillería y el ladrillo para vanos y bóvedas. Dentro del mismo se documentan tanto torres huecas cuadrangulares, con hasta tres pisos interiores, como otras macizas semicirculares que refuerzan todo el flanco norte.

Los espacios principales de este recinto, aparte de los almacenes y dependencias auxiliares del interior son: la torre del homenaje, la iglesia de Santiago y la puerta principal de acceso al castillo (torre de Hierro). El caso de la primera y la última, las estamos excavando en la actualidad y nos están aportando una información valiosísima sobre el sistema constructivo y los recursos técnicos y poliorcéticos empleados.



Figura 3.
Vista general del castillo de La Estrella

La construcción del castillo cristiano

La mayor parte del castillo cristiano, como vimos brevemente en el capítulo anterior, fue erigido por la Orden de Santiago entre el último tercio del siglo XIII e inicios del siglo XIV. Su morfología va a responder a los nuevos modelos de castillos-casas de la encomienda (Molero 2014) que van dejando atrás las antiguas fortalezas de carácter puramente militar que habían predominado entre los siglos XII y XIII por los valles del Tajo y del Guadiana. No obstante, la fortaleza de Montiel va a tener ciertas peculiaridades derivadas de haberse mantenido en su primitivo lugar de asiento, cosa que no ocurrió con la mayoría de las nuevos castillos-casas de la encomienda que tendían a localizarse en llano, en el contexto de una puebla; así como por el hecho de no haber descuidado nunca su función militar, derivada sin duda de su cercanía a la frontera con el reino de Granada.

El proceso constructivo de este recinto debió suponer un ingente esfuerzo para los freires santiaguistas, que debieron movilizar una importante cantidad de recursos económicos, materiales y humanos, en un contexto ciertamente similar a los sistemas de «obra y fábrica» de los grandes edificios religiosos del momento (Palomo 1999).

El estudio que presentamos lo hemos dividido en tres grandes apartados, relacionados directamente con la secuencia constructiva de la fortaleza cristiana. En primer lugar, las actuaciones previas que se llevaron a cabo para dar cabida a las nuevas estructuras, que se centraron principalmente en la transformación del antiguo *hisn* y en las adaptaciones de la orografía del cerro. En segundo, las tareas de acopio de materiales para la obra, en su sentido más amplio, lo que debió movilizar importantes recursos humanos y supuso un impacto relevante en el paisaje del entorno de la fortaleza. Finalmente,la construcción o erección del castillo propiamente dicho.

Los trabajos previos: la transformación de la fortaleza islámica y de la orografía

En el momento del inicio de la construcción de la nueva fortaleza, el castillo de La Estrella ya contaba con un importante sistema defensivo heredado de su pasado musulmán. No obstante, con la fundación de la encomienda y la villa de Montiel, se habían acometido ya obras ciertamente significativas como fue la erección en la plataforma superior, en su frente norte, de la denominada torre Mocha. Se trata en realidad de la primitiva torre del homenaje del castillo, ya que estratigráficamente es anterior a todo el recinto cristiano (Gallego 2016b, 183). Como su nombre indica ha llegado hasta nosotros con una visión muy distinta a la que tuvo que tener en origen, habiendo perdido gran parte de su desarrollo en altura. Su fábrica, fuerte y robusta, se realizó a base de sillarejos que servían de encofrado para el relleno de hormigón interno y con encadenados de sillares en las esquinas, en los que no encontramos marcas de canteros.

Cuando se esbozaron las obras del nuevo castillo, los alarifes se debieron encontrar ante el problema que planteaba la existencia de las estructuras islámicas previas. En la mayor parte del recinto fueron integradas en el nuevo perímetro defensivo, sirviendo de barrera baja y de albacar. Sin embargo, este hecho se complica en el punto de acceso de la fortaleza, ya que las nuevas trazas conllevaron un cambio completo del mismo, como se está poniendo de relieve a partir de las excavaciones arqueológicas que venimos realizando.

El punto de mayor transformación se produjo en el área de la torre de Hierro, en el frente sur del castillo, donde existía una superposición de estructuras defensivas islámicas con presencia de fábricas de tapial forradas posteriormente con elementos pétreos. Esta amalgama de edificaciones debía suponer un problema para la erección del nuevo sistema de acceso, por lo que se planteó el desmochado parcial de las antiguas construcciones para crear un gran paquete de nivelación sobre el que comenzar a trabajar. Posteriormente se añadieron varias capas de compactación formadas en la parte más baja por las viejas fábricas de tapial apisonadas, sobre las que se disponía un mortero de cal, posteriormente unpaquete de gravas y piedras de pequeño tamaño procedentes del mismo roquedo del cerro y finalmente, una potente capa de hormigón de cal que en su zona superior, se enrasaba y enlosaba para servir de área de tránsito (figura 4). Este mismo proceso de creación de plataformas-base lo estamos documentando en el área del patio de la torre del homenaje, aunque en este punto no parece existir una nivelación tan potente, por lo menos en los puntos en los que hemos podido rebajar en el trascurso de las excavaciones.

Un esfuerzo aún mayor debió suponer la adaptación del roquedo del cerro para ir asentado las distin-



Figura 4
Detalle del sistema de nivelación en el interior de la torre de Hierro



Figura 5
Vista del frente sur de la torre del homenaje, apoyado en el frente rocoso

tas torres y lienzos de la fortaleza, aunque en la mayor parte de los casos los alarifes intentaron ajustar sus construcciones a la orografía. No obstante, el tipo de roca existente, toba calcárea y travertino, genera importantes problemas de estabilidad debido a su morfología, su fácil erosión y la abundancia de grietas y covachas que presenta. Este hecho se agrava al disponerse bajo este roquedo un estrato geológico formado por arcillas inestables y fácilmente erosionables por los agentes meteorológicos.

El asiento de la nueva torre del homenaje, situada el ángulo suroeste del recinto, debió suponer un importante reto para los constructores cristianos, al existir un gran cantil rocoso con una altura muy pronunciada (figura 5). En este ámbito se aprecia cómo se va desbastando la roca para ganar verticalidad y crear una plataforma elevada sobre la que cimentar los muros. En el frente oeste y norte, se aparejaun antemuro en el que se atisban pequeños contrafuertes que se adaptan a la orografía. En los huecos de la roca se aprecian constantes rellenos de mampostería, así como forros exteriores, algo que será común en fortificaciones con estos mismos problemas, como es el caso de la cercana fortaleza de Alhambra (Ciudad Real).

En la torre de Hierro, en el frente sur de la fortaleza, se realizó un importante rebaje de la roca para adaptar el terreno a la función de esta estructura, ya que servía de acceso principal de la fortaleza y era necesario salvar los fuertes desniveles existentes entre la plataforma superior y la zona de la barbacana. Mientras que en las cotas más bajas se realizó una potente nivelación, como vimos anteriormente, en las superiores se ejecutóun gran vaciado en la roca para encajar la rampa escalonada de acceso que comunicaba la puerta de Hierro con la llamada puerta del Patio, ya en el interior del recinto principal.

En el resto de la fortaleza las soluciones son muy variadas, pero en la mayor parte de los casos se intentan incluir los distintos farallones de roca en la base y en el interior de las cortinas y torres, con los consiguientes trabajos de adaptación. Destaca la zona de la torre de la Iglesia, apoyada sobre dos grandes peñas que se incorporan al frente sur y oeste del bastión, mientras que en el este se retalla el roquedo para asentar la zona de unión con la muralla.

La obtención de los materiales constructivos

La edificación del nuevo castillo-casa de la encomienda de Montiel debió suponer una movilización de recursos constructivos muy superior a todo lo que se había visto en esta comarca hasta ese momento. A una escala quizás menor, conllevaba aplicar procesos similares a los que se estaban utilizando de forma coetánea en las ciudades y villas medievales para la erección de los nuevos edificios religiosos: apertura de canteras de piedra y árido, talas de madera, centros de transformación de aglomerantes,etc. No hay que olvidar el transporte de estos materiales para lo cual era necesario abrir nuevos ramales y viales hasta

la fortaleza (Cómez 2006). Así lo refieren las fuentes del siglo XV, cuando dicen que en las obras del castillo de Montiel se requería «la servidumbre que fuere menester y caminos, carretas e canteras» (AHN, OOMM, Libro 1063-C, p. 229, año 1478).

Por otro lado, debemos plantearnos el impacto que debió suponer para los habitantes de la zona este proceso, que conllevó una alteración profunda tanto del propio castillo como del paisaje circundante, como ha sido evidenciado en otros ámbitos (Palacios 2001), lo que se reflejaría en las mentalidades de una población local de carácter eminentemente rural y poco acostumbrada a obras de tal envergadura. Población que también debió participar en las tareas de construcción, eso sí, en la mayor parte de los casos como operarios no especializados, salvo los adiestrados alarifes mudéjares que sin duda tuvieron presencia en la labra de la fortaleza.

Los materiales usados en nuestro castillo son heterogéneos y, en algunos casos, no se encuentran en las inmediaciones de Montiel, como hemos podido comprobar en las prospecciones arqueológicas que hemos realizado en el entorno. No obstante, en la medida de lo posible se buscaban siempre los puntos de acopio más cercanos, siempre que reunieran las condiciones necesarias (figura 6). Los principales elementos de acopio fueron la piedra, el árido, los aglutinantes, la arcilla y finalmente, un componente fundamental como fue la madera.

El uso sistemático de la piedra arenisca como material constructivo, tanto para los sillarejos como para la sillería, supuso la puesta en funcionamiento de al menos cuatro canteras, que hemos inventariado en el entorno de Montiel. Todas se localizan próximas al castillo, no distando del mismo más de 2 km en el caso más lejano, algo habitual para ahorrar en el coste del trasporte del material que solía ser muy gravoso por el estado de las vías (González 2008, 43). En todas ellas hemos registrado materiales cerámicos de cronología medieval, aunque al haber estado en uso durante mucho tiempo, es difícil distinguir su aspecto original. La primera cantera es la situada en la cuesta de Alcaraz, junto al camino que se dirigía a esta localidad, apreciándose aún en ella frentes de grandes bloques a medio sacar y las calles de extracción en la zona superior. La segunda la localizamos en el extremo oeste del actual núcleo urbano de Montiel, en el paraje de La Veguilla, donde existeuna gran veta con una amplia área de extracción, tanto en gradas como en rebajes en el subsuelo. Vinculada a la misma se documenta un yacimiento extenso, con ocupación en época romana pero también medieval, quizás asociado a unaexplotación de este recurso continuada en el tiempo. La tercera cantera se ubica en la base del cerro del cercano castillo de San Polo, a 2,5 km al oeste de Montiel, apreciándose amplios frentes de extracción y materiales de la época, aunque la presencia de barrenos circulares muestra su uso continuado hasta fecha contemporánea. Finalmente debió existir otra cantera en el núcleo urbano de Montiel, en la zona del Altozano, junto a la iglesia parroquial de San Sebastián, donde observamos la presencia de una veta que pudo ser usada tanto para nuestra construcción como para los templos de la localidad.

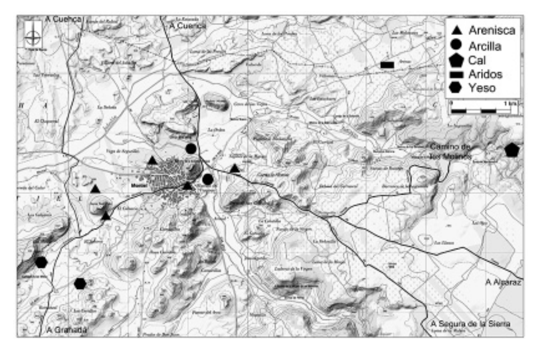


Figura 6
Localización de las zonas de acopio de materiales constructivos

El otro material constructivo usado con profusión en el castillo de La Estrella fue el ladrillo cocido, que se localiza tanto en bóvedas como en vanos a lo largo de toda la fase analizada. La arcilla y los hornos de cocción debieron situarse en la vega del río Segurilla que va rodeando el cerro del castillo. En este espacio se sitúan franjas de terreno apropiadas para la elaboración de este material, así como agua abundante, por lo que fue utilizado con este fin hasta prácticamente mediados del siglo XX. Por otro lado, estos puntos también debieron ser usados para la producción de las ingentes cantidades de teja destinadaspara las cubiertas delos edificios.

La cal se utilizó en abundancia tanto para los morteros como para el hormigón de la obra. Por ello, tanto su extracción, cocción y transporte debió suponer un reto importante para el proceso de edificación. El punto de acopio de este material lo hemos localizado en el

paraje de Las Caleras a 5 km al oeste de Montiel, junto al nacimiento del río Jabalón, donde hemos podido estudiar frentes de cantera para la extracción de la piedra, asícomo algunos hornos históricos, aunque la mayoría son de época moderna-contemporánea. El transporte de este material se debió realizar por el camino de los Molineros,cuyo trazado coincidía en este espacio con la zona de calerasy las áreas de molienda.

La utilización de yeso fue mucho menor y la hemos documentado asociadaal revestimiento de estancias y, en menor medida, como parte del mortero usado en las bóvedas de ladrillo. Uno de los puntos de acopio se produjo en el paraje de Las Minas, junto al camino de Granada a Cuenca, también llamado camino de los Andaluces, donde hasta fecha relativamente reciente se podían ver los frentes de extracción e incluso, se conservaban algunas yeseras tradicionales con pozo excavado, así como otras ya con hornos industriales.

La cuestión de la extracción de los áridos nos está siendo mucho más difícil de identificary aún estamos trabajando sobre ella. No obstante, a día de hoy, podemos proponer dos puntos de recogida que deberemos confirmar con posteriores análisis de laboratorio. El primero, en el paraje de Arenas, atravesado por el camino de Montiel ala aldea de Cañamares, donde como su propio nombre indica existe abundancia de estematerial en superficie, presentando una componente arcillosa muy significativa. El segundodebía situarse en el entorno del río Guadalmena que, a pesar delocalizarse a unos 20 km al sur de la fortaleza, tenía comunicación directa a través del camino de Segura de la Sierra. Los áridos de esta zona presentan una alta calidad por la abundancia de elementos calizos, por lo que pudieron ser empleados en los diferentes morteros usadosen el castillo.

Una atención especial hay que dedicar al uso de los materiales lignarios en la construcción, ya que creemos que la figura del carpintero es fundamental en estas obras y aún está por estudiar en toda su dimensión en la edificación de fortalezas. El mayor montante de los mismos se debió dedicar a la elaboración de andamios, a modo de almojayas, como se aprecia en los muros, así como en los distintos ingenios de elevación que se usaban en la construcción medieval (Graciani 1998). Tenemos documentado el uso de grúas o cabrias en los reparos de la torre del homenaje en 1478, describiéndose los materiales y componente de la misma:

> es menester de hacer una grúa con su maroma fuerte y para ello es menester un mástil de madera de dos vigas de treinta pies cada una en largo, e otras dos vigas de cada veynte pies aserradizas y más otra viga redonda de diez pies para el uso de la rueda (AHN, OOMM, Libro1063–C, p. 228, 1478).

Desde el punto de vista constructivo, la madera fue fundamental para los forjados interiores de las torres, en especial la de sabina y pino, así como las vigas y agujas que se usaban para atar los muros, prefiriéndose en este caso la encina. La presencia de esta última es muy abundante en el entorno, no así la sabina, que debía ser traída del área situada entre Villahermosa y Ossa de Montiel. Por su parte, la madera de pino provenía de tierras de Alcaraz, según se constata en las Relaciones de Felipe II (Campos 2009, 660). Sabemos también que la madera se usaba con frecuencia en elementos típicos de la arquitectura militar como adarves cubiertos, galerías de tipo y cadahalsos (Palacios 2000, 756).

Finalmente, no queremos dejar de tratar un elemento fundamental como es elagua. Nuestra experiencia en los trabajos de consolidación de la fortaleza nos ha demostrado la gran cantidad de agua que es necesaria para la elaboración de los morteros, por lo que cabe suponer el transporte de la misma por medio de acémilas desde los ríos Segurilla y Jabalón, que transcurren al pie mismo del cerro del castillo. Sin embargo, juzgamos esta tarea algo costosa y quizás insuficiente, por lo que creemos, como ya se ha estudiado en otros ámbitos peninsulares (Menéndez 1986, 111), queotros puntos de aprovisionamiento debían situarse en el propio castillo en forma de pozos y aljibes, quizás algunos abiertos en este momento: «E en el dicho patio está un pozo de agua manantial muy fondo» (AHM, OOMM, Libro 1070, p. 356, Año 1499). Casos similares existen en otros castillos de la Orden de Santiago como Terrinches (Ciudad Real) u Hornos de Segura (Jaén), quedando después esta infraestructura incorporada al uso cotidiano.

La erección de la fortaleza de la Orden de Santiago

Antes de entrar en materia propiamente dicha, debemos plantearnos quién fue el encargado de diseñar el recinto defensivo y las distintas estructuras de habita-

ción que lo componen. Al tratarse de un castillo perteneciente a la Orden Militar de Santiago creemos que las trazas pudieron ser dadas por un *maestro* al servicio de esta milicia, figura precedente al maestro de obras que conoceremosya en el siglo XV (Palacios 2000, 756; Garrido 1989, 40–41). Este mismo personaje, anónimo, sería también quien diseñara los trabajos de la fortaleza cercana de Segura de la Sierra, con la que guarda similitudes en el sistema de acceso, así como en el diseño de las distintas torres y en las soluciones de las bóvedas, aunque obviamente la planta general varía por el espacio existente en cada recinto castral. La ejecución material de los trabajos la debieron realizar alarifes locales, posiblemente mudéjares, como ya hemos podido estudiar en trabajos anteriores (Gallego 2016b, 179; Molero y Gallego 2017).

Hasta el momento hemos trabajado de manera intensa en tres elementos principales del castillo: la torre del homenaje, que ocupa un tercio de la zona occidental, la iglesia de Santiago que condiciona gran parte del flanco sur y la torre de Hierro, con el sistema de acceso desde la barbacana al castillo propiamente dicho (figura 7). Desde esta estructura se accedía mediante rampa a un patio, en torno al que se distribuían varias estancias, siendo especialmente interesante la gran bóveda que se apoyaba en la muralla norte y el muro que corría paralelo a la misma en todo su recorrido, en donde existían varias dependencias de almacenamiento y servicio: establos, bodegas, almacenesy cocinas.



Figura 7
Vista general del frente sur del castillo de La Estrella tras los trabajos de excavación y consolidación realizados en 2016. De izquierda a derecha destacamos la torre del homenaje, la torre del Miradero, la torre de la Iglesia y el complejo de la puerta de acceso (torre de Hierro)

Como hemos adelantado anteriormente, el sistema constructivo elegido para esta fase fue el de encofrados perdidos de sillarejo mediante hiladas de entre 0,27 y 0,29 m respetando la métrica del pie castellano. Este sistema permitía una construcción rápida y un aprovechamiento muy eficiente del material, ya que una vez cortados los sillarejos a pie de obra, se usaba todo el sobrante como relleno junto con los restos del retallado de la roca, gravas y cualquier otro elemento que se pudiera reaprovechar, especialmente teja. Todo ello se vertía junto al hormigón de cal entre cada una de las dos hojas del sillarejo, avanzando en horizontal, por lo que al terminar una hilada se podía comenzar a apoyar la siguiente al haber fraguado la zona por donde se había comenzado a construir. Hay que matizar que en las hiladas de cimentación, el uso de la arenisca es mucho menor y se procura utilizar siempre grandes mampuestos o bolos procedentes de los cantiles del cerro, que tras trabajarse levemente, son incorporados al muro permitiendo dar una mayor solidez al mismo, algo que hemos documentado en otras obras santiaguistas como la muralla en cremallera de Uclés.

El principal elemento defensivo de todo el recinto es la torre del homenaje, cuyo estado actual sólo deja apreciar parcialmente el potencial con que contó en el siglo XIV (figura 8). Para su erección se eligió el punto más elevado y menos accesible del cerro, estando separada del resto del castillo por un antemuro, una puerta recta y adarves defensivos en lo alto y flancos. Entre el muro y la torre propiamente dicha se abría un patio en el que destaca un enorme aljibe. Esta gran construcción se apoyaba sobre la roca y varios muros bajos, quedando reforzada por el oeste y norte por una barrera que se adapta completamente a la fisonomía del roquedo. La torre del homenaje tiene planta cuasi rectangular pero disponiéndose de forma girada con respecto al resto de cortinas, lo que permite ofrecer sendos ángulos tanto al interior del castillo como al frente exterior. Sabemos que tenía un cubo esquinero en el extremo suroeste, que se perdió al derrumbarse la peña donde se asentaba. Quizás fuera similar al conservado en la torre del homenaje del castillo de Montizón.

En toda la torre del homenaje predomina el uso de sillarejos, aunque también se usan sillares en puntos clave del complejo, como es la puerta principal de la barrera de la que excavamos su derrumbe. La torre tuvo dos plantas, con tres estancias interiores cada



Figura 8
Vista de la torre del homenaje durante el proceso de excavación

una que se cubrían mediante bóvedas de ladrillo que se aparejaron sin cimbra, como hemos podido documentar al estudiar el derrumbe de las mismas, y que apoyaban sobre los muros formeros que alcanzan los 3 m de espesor. Finalmente existía una terraza defensiva almenada de la que sólo tenemos constancia documental.

La imponente torre, que debió alcanzar los 20 m de altura, debió quedar ciertamente mermada al caerse su ángulo suroeste al ceder el roquedo en torno a 1460, quizás por un movimiento de tierras:

> está caído un gran pedazo de la torre del homenaje y según la información que ovieron con juramento del dicho alcaide … hallaron que se cayó treinta y cinco años poco más o menos (AHN, OOMM, Libro 1067-C, p. 438, año 1494).

Tras este derrumbe se programaron importantes obras para su reparo, aunque hubo que esperar a finales de la centuria (1499) para poder llevarlas a cabo, a pesar de la insistencia de los visitadores de la Orden para que se realizaran ya desde 1468. No obstante, cuando finalmente se llevaron a cabo, debieron de tener un alcance muy limitado, centrándose en cerrar el ángulo caído de la torre intentado retraerse hacia el interior de la peña para evitar nuevos derrumbes:

> e levantarla desde lo firme e yr subiendo dandole sus retraymientos hasta llegar a la torre de donde se a de levantar su esquina derecha e que no se faga cubo ninguno aunque lo solia tener, salvo levantarla maçiça e yr cortando a mano como fuere levantando lo que estoviere malo de la dicha torre e tornar a faser su petril e almenas e boveda de su cal e canto (AHN, OOMM, Libro 1070–C, p. 438, año 1499).

La construcción de la torre de Hierro y el sistema de acceso fue otra de las principales actuaciones de esta fase (figura 9). Tras realizar los trabajos de nivelación y retallado de la roca que ya describimos, se comenzó a levantar la edificación. Para apoyar la base de la misma se creó una gran plataforma cuadrangular, que posiblemente quedaba enterrada, como vemos también en la torre del Miradero y la del cubo Hondo. Mientras que la parte enterrada presenta al exterior ángulos vivos, en la zona visible tenían esquinas redondeadas, algo que es común es todas las torres de esta fano. Esta nueva solución poliorcética, muy extendida en las fortalezas del siglo XIV, permitía una defensa más eficaz contra los proyectiles pétreos de una artillería cada vez más desarrollada (Cobos 1998, 8; Cooper 2002).

En el interior, la torre de Hierro contaba con un habitáculo cubierto por bóveda que servía de paso en codo hacía el interior del castillo y sobre él, un piso alto y la terraza defensiva. Hemos documentado una escalera de ladrillo en el interior del muro norte que permitía acceder hasta la primera planta y desde ésta, quizás con una escalera de mano, a los adarves defensivos. Con esta composición, el sistema de acceso se realizaba mediante una entrada en doble recodo,



Figura 9
Vista del sistema de acceso al castillo con la torre del Hierro, el doble recodo y la rampa que comunicaba con el interior del recinto

muy enraizada en la tradición islámica y desarrolladas hasta el extremo en época meriní (Cressier 1998; Torremocha 1999). Tras avanzar por la liza, se debía girar dos veces para pasar por una puerta monumental alel interior de la torre, llegando a un pequeño espacio de tránsito dentro de la misma, para volver a girar a través de una segunda puerta que daba acceso a la rampa escalonada que tras un nuevo quiebro, finalizaba en la denominada puerta del Patio.

En todo el frente sur-sureste del castillo se levantó una imponente cortina que alcanza los 2,8 m de anchura en la base para ir adelgazándose hasta los 2,5 m en la zona superior, que corría desde la torre del homenaje hasta el llamado cubo Nuevo, para posteriormente girar hacia el norte para cerrar el perímetro en la torre Mocha. Hay que precisar que las torres no se van enjarjando hilada a hilada con el muro, sino que en la parte baja se adosan mientras que en la superior sí que se unen. Este hecho puede estar asociado a un intento de evitar que el derrumbe o minado de la parte baja de una torre, arrastrara también al cimiento de la muralla aneja.

En este paño meridional se levantaron, además de la citada torre de Hierro, otras tres torres más, que obviamente tenían una función defensiva, cubriendo las desenfiladas y adelantado las defensas, pero también constructiva, ya que servían de contrafuertes a toda la muralla. La primera, la llamada en las fuentes torre del Miradero, presenta peana cuadrangular en su base, para posteriormente levantarse con los ángulos matados, conservando aún en la década 1930 todo su alzado. La siguiente, la torre de la Iglesia, comúnmente llamada en la actualidad torre de los Ojos, es una estructura rectangular con más frente que fondo, posiblemente ligada a su función de albergar en su interior parte del primitivo templo dedicado a Santiago. Finalmente, en el extremo este del paño se levantó la torre Nueva, denominada así porque se vino abajo en el siglo XV y en su lugar se levantó un nuevo cubo, eso sí, con una fisonomía mucho más pobre que la obra original que debió ser muy similar en tamaño y envergadura a la torre de Hierro.

En el frente norte encontramos que las soluciones constructivas varían en cuanto a la morfología de las torres, pero no en cuanto a la construcción propiamente dicha. En el extremo oeste se levantaba el cubo Redondo, que formaba parte del complejo de la torre del homenaje. Presenta planta semicircular con bóveda de horno, de la que encontramos paralelos idénticos en el cuerpo del castillo de Segura de la Sierra. Siguiendo hacia el este se sitúa el cubo Hondo, a una cota ligeramente inferior del resto. Tenía planta cuadrangular con dos cuerpos y terraza defensiva. Salpicando el perímetro de la muralla se distribuían tres borjes o contrafuertes semicirculares totalmente macizos, con una base cuadrangular, que en estos casos sí se unen hilada a hilada a la muralla. Este tipo de estructura tiene un amplio desarrollo en el reino castellanoleonés como vemos por ejemplo en el castillo convento de Calatrava la Nueva (Aldea del Rey), la fortaleza de Rochafrida (Ossa de Montiel) o nuevamente en Segura de la Sierra.

Finalmente, en el extremo oriental de la muralla norte se localizaba la torre Mocha (figura 10). Construida en la fase anterior (mediados del siglo XIII), debió sufrir una transformación en este momento y, nuevamente, reparos a fines del siglo XV. Presenta un solo cuerpo, más la terraza, pero no sabemos si fue desmochada a propósito o sufrió algún tipo de colapso, uniéndose al resto de la muralla por un cosido que hemos podido fechar en el siglo XV, tanto por materiales como por el mortero utilizado. Entre ésta y la torre Nueva existía un paño de muralla que separaba la fortaleza principal del albacar, en el que hemos detectado durante la excavación importantes reformas ya de fines del siglo XV o principios del XVI, momento del abandono de la fortaleza.

Conclusiones

En las páginas precedentes se ha podido comprobar cómo el uso combinado del método arqueológico,



Figura 10
Vista de la muralla norte con la torre Mocha en primer plano

tanto en excavación como en prospección y en lectura estratigráfica de paramentos; el concurso de las fuentes escritas, así como la experiencia directa en obra a partir de los trabajos de consolidación preventiva y restitución volumétrica que venimos desarrollando desde el año 2012 hasta el presente, pueden dar resultados sumamente positivos en el campo de la historia de la construcción fortificada.

En nuestro caso, hemos podido fechar y caracterizar la construcción del castillo cristiano de La Estrella de Montiel en un momento preciso (finales del siglo XIII-principios del XIV), aunque esto no signifique que no hubiera estructuras y obras anteriores, ni que después, ya en el XV, no se acometieran otros trabajos menores de reforma y reparación. Desde un punto de vista tipológico se trata de un castillo roqueño, típico de la reconquista, encrespado y bien fortificado que fue adaptado a su nuevo uso como sede de una encomienda de la Orden Militar de Santiago. Por eso se acometieron obras de ampliación y modernización de estructuras, mejorando las defensas y abriendo grandes espacios para cubrir las necesidades económicas, políticas y religiosas de sus titulares: bodega, trojes, corrales, caballerizas, iglesia, aposentos para el comendador, etc.

En el estudio del castillo de La Estrella, hemos podido demostrar cómo los freires santiaguistas acometieron un programa concienzudo de adaptación de las viejas estructuras heredadas de la fortaleza islámica anterior a sus nuevas necesidades, modificando, a su vez, la base geológica que servía de asiento a la fortaleza para lograr mayor estabilidad y superficie habitable. Es un plan de trabajo que hemos comparado, salvando las distancias, con los procesos «de obra y fábrica» de las catedrales y otros edificios religiosos de época medieval. El resultado fue la construcción de un castillo moderno, fuerte y robusto, con predominio de la obra en piedra, aunque sin olvidar otros materiales de tradición mudéjar, como el ladrillo, usado con profusión en vanos y bóvedas. Como hemos señalado anteriormente, el sistema constructivo más empleado fue el de encofrados perdidos de sillarejo mediante hiladas siguiendo la métrica del pie castellano y relleno de hormigón de cal, utilizando todos los restos del retallado de la roca, gravas y otros materiales reaprovechados.

El predominio de la vertical, típico de los castillos cristianos, se advierte en el diseño general de la obra, sobreelevándose por encima del antiguo *hisn* islámico del que se sirve de apoyo; y por la altura y disposición de sus lienzos y torres, sobre todo la del homenaje, que en origen tenía más de 20 metros de altura. El dominio de la poliorcética se demuestra en la acumulación de defensas para proteger el centro neurálgico del castillo —hasta cuatro barreras había que salvar para llegar a la torre del homenaj—, pero también en la disposición de las torres de flanqueo y protección de los puntos más accesibles, caso de la puerta de entrada. El sistema de la torre de Hierro, en doble recodo, con quiebros y requiebros bien protegidos desde lo alto de los adarves de hasta cuatro torres de flanqueo, es paradigmático en este sentido. En cuanto a las esquinas redondeadas de las torres del frente sur, fechables igualmente entre finales del XIII y principios del XIV, nos ponen sobre la pista de las primeras adaptaciones artilleras de época bajomedieval en un ambiente de por sí fronterizo, dada la cercanía al reino nazarí de Granada.

El análisis pormenorizado de los materiales, técnicas y procesos constructivos nos ha permitido identificar tipos de obra y secuencias cronotipológicas, señalar el origen de los materiales (canteras) y valorar el esfuerzo necesario para su acopio y para levantar la fortaleza en un tiempo que juzgamos no excesivamente largo (20–30 años). En la actualidad, estamos realizando estudios arqueométricos para precisar aún más si cabe, los diferentes usos de materiales y técnicas por épocas y/o cuadrillas. Nos referimos por ejemplo al análisis de la composición de los morteros, estudios petrológicos, lámina delgada, etc.

Finalmente al estudioso de la construcción medieval le debe interesar no sólo los procesos de fábrica, sino también la destrucción y amortización de los inmuebles. En este sentido, la lectura estratigráfica nos está permitiendo comprender mejor las dificultades y retos con que se enfrentaron los constructores medievales del castillo de Montiel, las soluciones empleadas y los errores cometidos. En nuestro caso, la base geológica tobácea del cerro, fácilmente erosionable y muy inestable, provocó ya en tiempos medievales la ruina de algunas estructuras, caso de la parte más expuesta de la torre del homenaje, lo que obligó a continuas obras y trabajos de refuerzo. Todos estos datos, interesantes en sí mismos, lo son aún más si cabe si queremos acometer, como es el caso, trabajos de consolidación preventiva y restauración con el máximo respeto a la obra original.

Lista de referencias

Documentos de archivo

Archivo Histórico Nacional –AHN–, Órdenes Militares –OOMM–, Libro-C: *Visita a los partidos de la Mancha, Ribera del Tajo, Campo de Montiel y Sierra de Segura*. Uclés, Año 1478.

AHN, OOMM, Libro 1067-C: *Visita a los partidos de la Mancha, Ribera del Tajo, Campo de Montiel y Sierra de Segura.*Uclés, Año 1494.

AHN, OOMM, Libro 1070-C: *Visita de los Partidos de la Mancha y Campo de Montiel hecha por Diego de Vera Comendador de Calzadilla y Francisco Martínez Almaguer, Vicario de Yeste.* Uclés, Año 1499.

Bibliografía

Barceló, Miquel, et al. 1988. *Arqueología Medieval. En las afueras del Medievalismo*. Barcelona: Crítica.

Campos, Francisco Javier (ed.) 2009. *Los pueblos de Ciudad Real en las relaciones topográficas de Felipe II*. Ciudad Real: Diputación Provincial.

Carrero, Luis María. 1989. El empleo de los fondos documentales en el análisis arqueológico de la arquitectura militar. Método y consideraciones principales. En *Actas del III Congreso de Arqueología Medieval Española, Oviedo, 27 de marzo-1 de abril de 1989,* vol. 2, 13–19. Madrid: Asociación Española de Arqueología Medieval.

Cobos, Fernando y José. Jesús de Castro. 1998. *Castilla y León. Castillos y fortalezas*. León: Edilesa.

Cooper, Edward. 2002. Desarrollo de la fortificación tardomedieval española. En *Mil anos de Fortificaçoes na Península Ibérica e no Magreb (500–1500). Actas do simpósio internacional sobre castelos,* coordinado por I. C. Ferreira Fernandes, 667–676. Lisboa: Ediçoes Colibri-Camara Municipal de Palmela.

Cómez, Rafael. 2006. *Los constructores de la España medieval*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Cressier, Patrice. 1998. Apuntes sobre fortificación islámica en Marruecos. En *Actas del I Congreso Internacional Fortificaciones en al-Andalus (Algeciras, noviembre-diciembre, 1996)*, 129–146. Algeciras: Ayuntamiento y Fundación José Luis Cano.

Gallego, David. 2016a. La fortificación medieval en el Campo de Montiel (ss. VIII-XVI). Análisis de su secuencia histórica y constructiva. *Espacio, Tiempo y Forma. Serie III, Historia Medieval*, 29: 337–376.

Gallego, David. 2016b. La Orden de Santiago y la construcción de sus fortalezas en Castilla. El caso del Campo de Montiel en la segunda mitad del siglo XIII e inicios del siglo XIV. En Órdenes Militares y construcción de la sociedad occidental (siglos XII-XV), coordinado por R. Torres y F. Ruiz, 167–193. Madrid: Sílex.

Garrido, Santiago. 1989. *Arquitectura Militar de la Orden de Santiago en Extremadura*. Mérida: Junta de Extremadura.

González, Ignacio. 2008. Las vías terrestres y marítimas en la España medieval. En *Ars Mechanicae. Ingeniería medieval en España*, coordinado por P. Navascúes, 21–32. Madrid: Ministerio de Fomento-Fundación Juanelo Turriano.

Graciani, Amparo. 1998. Aportaciones medievales a la maquinaria de construcción. En *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, A Coruña 22–24 octubre 1998*, editado por F. Bores et al. 217–224. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Menéndez, Gonzalo. 1986. *La España del siglo XIII: Leída en imágenes*. Madrid: Real Academia de la Historia.

Molero, Jesús Manuel. 2014. El binomio castillo-casa de la encomienda en la administración señorial de la Orden de Calatrava (siglos XII-XV). En *Castelos das Ordens Militares,* editado por I. C. Ferreira Fernandes, 229–249. Lisboa: Direçao-Geral do Património Cultural.

Molero, Jesús Manuel y David Gallego. 2013. El primer encastillamiento cristiano del Campo de Montiel (1213–c.1250). En *Alcaraz, de Islam al concejo cristiano. VIII centenario de la conquista de Alcaraz*, coordinado por A. Pretel, 111–142. Albacete: Instituto de Estudios Albacentenses don Juan Manuel.

Molero, Jesús Manuel y David Gallego. 2017. Arqueología de las Órdenes Militares: la iglesia parroquial de Nuestra Señora de La Estrella en Montiel (Ciudad Real, España) (siglos XIII-XV). En *Entre Deus e o Rei. O mundo das Ordens Militares, Actas do VII Encontro Internacional sobre Ordens Militares.*Lisboa-Palmela: Ediçoes Colibri.

Palacios, J. Santiago. 2000. Los libros de visita de la Orden de Santiago: Fuente para una Historia de la arquitectura militar. En *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la construcción. Sevilla, 26 a 28 de octubre de 2000*. Coordinado por A. Graciani et al. Vol. 2, 751–760. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, Universidad de Sevilla.

Palacios, J. Santiago. 2001. El medio natural y la construcción de fortificaciones de la Orden de Santiago. En *El medio natural en la España medieval: actas del I Congreso sobre ecohistoria e historia medieval*, *Cáceres, 29 de noviembre a 1 de diciembre de 2000.* Coordinado por J. Clemente, 429–450. Cáceres: Universidad de Extremadura.

Palomo, Gema. 1999. La cantería de la catedral de Cuenca en la Edad Media. A propósito del origen y organización de la fábrica, sus artífices y los oficios de la construcción. *Archivo Conquense*, 2: 121–145.

Torremocha, Antonio et al. 1999. *Al-Binya, la ciudad palatina meriní de Algeciras*. Algeciras: Ayuntamiento.

Láminas cilíndricas en España. El reinicio de la construcción laminar en los años de posguerra

Rafael García García

Las cáscaras de hormigón tratadas en este artículo deben ser tenidas en cuenta con el trasfondo de las experiencias internacionales iniciales con formas laminares previas a la Guerra Civil. En este tipo de estructuras la economía de material fue un aspecto especialmente significativo, por lo que su reinicio se adecuó a las condiciones de escasez de posguerra. La mayoría de los ejemplos de las primeras décadas tras la guerra pertenecen al ámbito industrial y utilitario y no encontraremos estructuras singulares o llevadas al límite, como fue el caso de las tres realizaciones de referencia de Torroja en la preguerra: el mercado de Algeciras, el frontón Recoletos o las tribunas de hipódromo de Madrid. Los ejemplos realizados son por el contrario estructuras con dimensiones más bien conservadoras, sensiblemente menores que las críticas, pero seguramente a favor de la economía.

Considerando el amplio rango de tipos o familias laminares, en este trabajo se tratan solo las cilíndricas simples, o sea con ejes horizontales y simétricas, principalmente porque son las más extendidas en el periodo. Dentro del tipo general se excluyen por tanto las de tipo oblicuo y las asimétricas o sheds. Tampoco se considerarán las interesantes soluciones onduladas, que pueden entenderse como una forma derivada del tipo principal. Estos tres subgrupos, tienen rasgos propios y por sus particularidades hemos decidido dejarlos aparte a la espera de un trabajo futuro.

Variedad

Con el tipo simétrico y horizontal como único objeto de análisis, el conjunto de casos es sin embargo lo suficiente variado como para merecer un estudio particular, sobre todo teniendo en cuenta que este no se ha realizado todavía. Los estudios históricos recientes sobre tipos laminares específicos son escasos en España, habiendo sido el propósito de quien esto escribe iniciar algunos de ellos (García 2015, 2013, 2007; Rabasco 2011). Sobre el tipo cilíndrico aquí tratado solo se pueden mencionar en general trabajos dirigidos a su cálculo, si bien una reciente tesis doctoral (Martínez 2015) contiene relevante información histórica. Por el contrario, sobre figuras destacadas como Torroja, Candela o Sánchez del Río y sus obras hay abundantes estudios. Estos sin embargo, no suelen considerar las estructuras más comunes o típicas como una categoría a abordar separadamente.

Como se ha indicado, un aspecto importante de las cáscaras aquí consideradas, a pesar de su sencilla geometría, es su variedad. Ésta surge no solo de las dimensiones y parámetros geométricos sino también en relación a su contexto y detalles; por ejemplo, en temas como las soluciones de apoyo o las relaciones con el resto de elementos estructurales y arquitectónicos.

En relación a las láminas abovedadas cilíndricas, la literatura especializada distingue entre bóvedas largas y cortas, si bien no existe un acuerdo total entre los parámetros que las diferencian. Según Tonda

(1973, 16, 41), un discípulo y cercano colaborador de Félix Candela, el tipo corto corresponde a las soportadas en sus generatrices, de forma que, a excepción de su reducido espesor, no se diferencian demasiado de la bóvedas tradicionales. Las largas por el contrario, se apoyan solo en sus directrices extremas y tienen un comportamiento cercano al de una gran viga, aunque para ello la longitud deba ser al menos doble que el ancho (figura 1). Por tanto la denominación corta o larga no se refiere principalmente, según este criterio, a su longitud física sino a sus condiciones de apoyo y comportamiento estructural. Otros autores (Angerer 1961; Lundgren 1946; Melgrano 1991; Volbeda 1958; CUR 1956) introducen también para su diferenciación relaciones dimensionales entre el ancho y el largo, pero sin una consideración clara sobre las condiciones de apoyo exigibles para uno u otro caso, con lo no parece que se pueda deducir un criterio de aceptación unánime. Dado que la mayoría de las realizaciones españolas se corresponden con el criterio de diferenciación de Tonda, lo seguiremos en este trabajo.

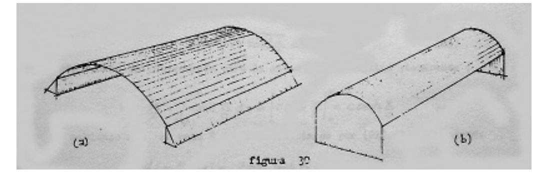


Figura 1
Láminas cilíndricas cortas y largas (Tonda 1973, 41)

Bóvedas cilíndricas cortas

Las cáscaras cortas son probablemente las estructuras laminares más sencillas y también la más fáciles de calcular. En España las realizaciones más destacadas fueron soluciones atirantadas con directrices de arco circular rebajado, esto con pocas excepciones. De ellas, probablemente la más conocida es la hace unos años restaurada nave de fundición de la antigua fábrica Boetticher y Navarro en Villaverde, Madrid, construida entre 1949 y 1950 y diseñada por el ingeniero Manuel Cámara Muñoz; una estructura que durante años se atribuyó erróneamente a Torroja (ref web 1). La nave, hoy reinaugurada como «Catedral de Nuevas Tecnologías» está conformada por tres vanos paralelos con sección basilical. El vano central es el más importante y su bóveda tiene una sección de arco rebajado con ligeros redondeos en los apoyos que la convierten en oval (figura 2). Consecuentemente sus arranques son verticales. Su luz, no excesivamente amplia, es de 19 m, la relación flecha/vano 1/4, la altura de apoyos 19 m y la longitud 139 m.

En cuanto que solución abovedada se tomaron aparentemente precauciones importantes, ya que en el extradós se construyeron series de pares de sólidos arcos transversales de refuerzo. Los arranques de estos arcos coinciden con los tirantes metálicos. Estos arcos están perforados en toda su longitud y cada par flanquea uno de los 16 lucernarios que cortan transversalmente la bóveda. El conjunto parece más un sistema de arcos atirantados con segmentos de láminas cilíndricas entre ellos, que una verdadera lámina cilíndrica.

Otro importante ejemplo pero ya construido años más tarde, son las bóvedas de la antigua fábrica Gal en Alcalá de Henares, realizada entre 1954–56 por el arquitecto Manuel Sáenz de Vicuña (Barreiro 2005). Cubrían las últimas plantas de una estructura en esqueleto de varios pisos, con una luz de bóveda de aproximadamente 17,5 m y una longitud de 33,5 m (figura 3). Cada bóveda estaba cortada por seis franjas de lucernarios, también transversales pero sin arcos de refuerzo, estando atadas por grupos de cuatro redondos paralelos. La relación flecha/luz era especialmente reducida, solo 1/11. En la parte de la fábrica conservada y restaurada, se pensó crear un museo



Figura 2
Boetticher y Navarro, antigua nave de fundición (Lissavetzky, J Creative Commons)



Figura 3
Fábrica Gal (gentileza de Castaño Perea, E.)

pero el destino es todavía incierto. Solo una de las cuatro bóvedas originales se ha conservado.

Soluciones atirantadas se emplearon también en las largas naves de almacenamiento de algunas fábricas de cemento, aunque aquí se han de hacer algunas reservas debido a que la información disponible es fundamentalmente fotográfica y no es fácil hacer afirmaciones sobre los materiales usados. Con bóvedas cortas hay dos ejemplos de alguna importancia. Uno en Cementos Molins, S.A en San Vicente de Horts, Barcelona, con una nave abierta de luz 16,5 m y longitud 283 m como dimensiones estimadas (CyH 1975b, 1978), y otro en la fábrica Tudela Veguin en Aboño, Asturias, con otra nave de aproximadamente 17,5 m de luz y 195 m de largo (CyH 1953, 1957). En este último ejemplo sin embargo la información disponible es contradictoria porque en las fotos originales se puede apreciar una solución abovedada mientras que en fotos actuales hay una solución con cercha metálica en uno de sus extremos. Las naves de ambos casos están abiertas por los lados y son de considerable altura, claramente mayor que sus anchos.

Sin tirantes, el número de soluciones parece haber sido menor, aunque en algunos casos bastante peculiares. Dos de ellas, también en fábricas de cemento aunque desgraciadamente destruidas, fueron especiales al estar contrarrestadas por los silos verticales de la fábrica. Este fue el caso en la cementera construida, como muy tarde en 1961, para el pantano de Contreras sobre el río Cabriel en Cuenca (Gallego y Lombardero 1961). Esta bóveda, de sección circular muy rebajada se apoyaba en dos filas paralelas de silos cilíndricos de hormigón, con la misma solución usada después en el segundo ejemplo, el de la fábrica Pozo Cañada, Albacete, y conocido por una publicación algo tardía (CyH 1975a) (figura 4). El interesante espacio creado por las bóvedas fue, al menos en Contreras, dedicado a nave de secado y molido de cemento, y en este caso se trató de una bóveda aligerada formada por una densa red de nervios perpendiculares entre sí (figura 5). De esta manera los pequeños vacíos entre nervios servían de lucernarios semejantes a casetones, difundiendo una muy original iluminación. Las dimensiones de la bóveda de Contreras eran aproximadamente luz 20 m y longitud 50 m y las de Pozo Cañada 18 m por 57 m. De ambas naves, solo permanecen en pie las series de silos laterales.



Figura 4
Cementera de Pozo Cañada (CyH 1975ª)

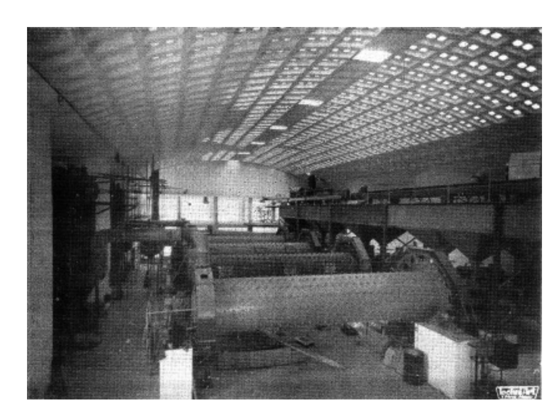


Figura 5
Cementera de Contreras (Gallego y Lombardero 1961, 28)

Como última solución sin tirantes merece mencionarse finalmente la antigua Lonja del Gran Sol en A Coruña. Se construyó en 1960 con proyecto de los ingenieros Eduardo García de Dios y Félix Calderón Gaztelu y es única debido a su esquema, tamaño –las bóvedas cubren una planta de aproximadamente 252 × 34 m– y proporciones (Agrasar 2011) (figura 6). Su espacio interior está formado por un corredor central en toda la longitud de aproximadamente 7,5 m de ancho y menor altura que el resto de la estructura. A ambos lados de él, se disponen 36 bóvedas transversales, cada una cubriendo una planta estimada de 7 × 13,5 m, siendo 13,5 m la longitud de las bóvedas. En cierto sentido la solución de las láminas es conservadora ya que todas ellas, de luces moderadas –7m–, están soportadas sobre sus directrices inferiores. Sin embargo, la existencia de lucernarios abiertos a todo lo largo de las bóvedas las convierte en algo parecido al tipo «alas de gaviota», más raro en el panorama español. Las mencionadas directrices inferiores se apoyan a su vez en las vigas de rígidos pórticos de hormigón, lo cual determina la condición de que sean bóvedas cortas.

Hay no obstante algunos detalles que hacen esta estructura visualmente ligera y elegante. El principal es que los pórticos transversales que forman los tramos tienen sus vigas inclinadas hacia dentro, estando también inclinados hacia dentro los soportes exteriores. Estos además están algo remetidos respecto de los extremos de las vigas, las cuales quedan en voladizo en esos finales. La primera consideración implica que las bóvedas están también inclinadas hacia dentro, o inversamente dicho, elevadas hacia la fachada exterior, la cual está formada por un plano acristalado continuo en el largo lado hacia el mar. Mediante lo anterior se logra un efecto más dinámico y luminoso que anima la repetición, casi sin fin, de las 35 bóvedas de cada lado. La segunda consideración, la inclinación de soportes exteriores, deja casi dos metros de voladizo para las bóvedas. El efecto desde fuera es que las bóvedas descansan casi exclusivamente en el cristal, ya que los soportes no son visibles. Otro detalle interesante son los vuelos de las bóvedas finales de cada serie, creando así bordes libres semejantes a alas desplegadas.

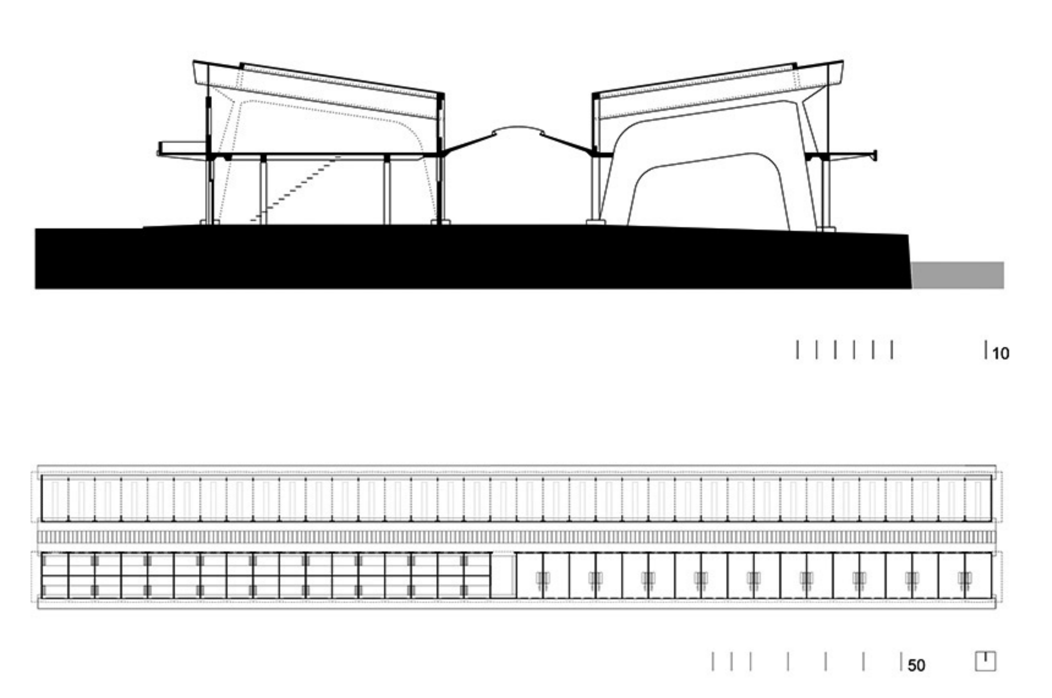


Figura 6
Lonja del Gran Sol (DOCOMOMO Ibérico GA_A17_01_02).

Soluciones intermedias

Dentro de las láminas cilíndricas españolas hay un curioso ejemplo de estructura construida poco después de la guerra que reúne los diferentes tipos de apoyo –en generatrices y en directrices. Se trata del hangar, construido en 1943, del antiguo aeródromo Barberán y Collar en las afueras de Alcalá de Henares y atribuido al ingeniero Esteban Terradas (Rodrigo Tobajas 2006). Es de notar el parecido de su disposición general con la Lonja de A Coruña (figura 7).

Como en la Lonja, la planta es extremadamente alargada, cubriendo una superficie estimada de 157 × 33 m y dividida en este caso en 31 tramos separados por arcos de hormigón transversales. También como en ella la sección transversal es tripartita, con una bóveda central a todo lo largo del hangar, aunque aquí más alto que las partes laterales. Estos laterales se apoyan en arcos en vuelo inclinados que son parte constituyente de los pórticos de hormigón transversales. Esto da lugar a lo más característico de esta estructura, el ser abierta, diáfana y sin pilares en sus lados largos, a fin de facilitar el acceso de los aviones por ambos lados (figura 8). Los soportes se encuentran solo en las líneas interiores de la división tripartita, es decir, bajo la bóveda central. Además, y para reducir su número, solo se dispuso un pilar cada tres tramos.

Tanto la parte central como las laterales tienen el mismo ancho 11 m, resultando en la central láminas abovedadas de 11 × 5,1 m soportadas en arcos transversales atados con vigas de hormigón. Sin embargo, aquí las condiciones de apoyo están claramente del lado de la seguridad puesto que la bóvedas descansan también en las sólidas vigas longitudinales que discurren a todo lo largo de la estructura. Son por tanto, bóvedas apoyadas en sus cuatro lados y por ello reuniendo las características de los dos tipos principales. Las dos vigas longitudinales mencionadas se diseñaron como rígidas celosías de hormigón actuando como una especie de claristorio para la parte central. Su altura marca el desnivel entre los arranques de las bóvedas central y laterales.

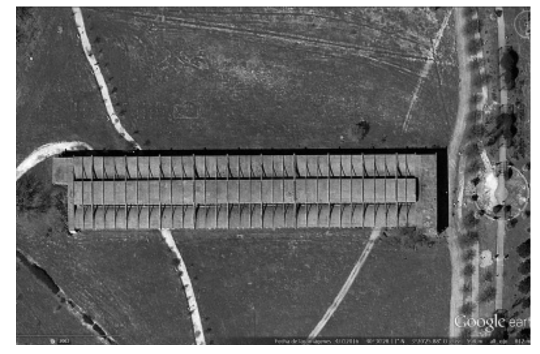


Figura 7
Aeródromo Barberán y Collar (Google Earth 9/9/2016).



Figura 8
Aeródromo Barberán y Collar (López Pastor S. Creative Commons)

Las bóvedas en vuelo o laterales tienen la misma dimensión que las centrales pero están apoyadas solo en tres lados y no en cuatro como aquellas; estos apoyos son: los arcos inclinados en voladizo de los pórticos transversales –también atirantados pero en este caso por la parte de arriba, en continuación con los tirantes de las bóvedas centrales– y la parte inferior de las vigas celosía. Esta disposición aunque no pura, tiene en su borde libre algunas condiciones de las bóvedas apoyadas exclusivamente en las directrices. Un aspecto destacable es la inclinación de estas láminas cuyo borde libre, de tangente horizontal, subraya el aspecto grácil y airoso de la estructura. Con estas características, estas bóvedas también podrían incluirse entre las cilíndricas asimétricas, siendo casi precursoras de ellas en España.

Las nuevas bóvedas-viga

La disposición de láminas cilíndricas que aprovechan su canto curvo para resistir la flexión había tenido

notables antecedentes antes de la segunda Guerra Mundial en Alemania, singularmente con los mercados de Frankfurt y Budapest, de Dischinger y Finsterwalder (luces de 37 y 41 m respectivamente), pero también en España con el excepcional frontón Recoletos de Torroja (planta cubierta de 55 × 32,51 m). Además, antes del frontón, Torroja había construido varias láminas cilíndricas, todas ellas en Madrid. Entre las no construidas en este periodo, estuvieron también interesantes propuestas de naves industriales cubiertas con láminas cilíndricas (Antuña 2002).

No es sorprendente por tanto, que la primera estructura de esta clase después de la Guerra Civil fuera de la autoría de Torroja. No fue realmente una verdadera nave industrial sino una cancha deportiva ya que se trató de la cubierta del frontón para los trabajadores de la cementera Rezola en Añorga, Guipuzcoa (figura 9). La estructura se terminó en 1949 y su solución es singular porque no fue concebida como una serie de bóvedas, sino como una lámina ondulada formada por la unión de superficies cilíndricas, cóncavas y convexas, soportadas en dos vigas paralelas de altura 2,67 m, la misma altura que las ondas. Una de las vigas apoya sobre dos soportes y tiene dos voladizos, y la otra descansa sobre rodillos en el muro largo de la cancha. Con un espesor de solo 5 cm, esta lámina cubre una luz de 12 m con 34,75 de longitud y altura libre de 9, 31 m (CyH 1949; Obras 1949). Es apreciable, sin embargo, que el extradós de las ondas extremas fue reforzado con fuertes tirantes metálicos.

Algo más tarde, en 1954, se construyeron las láminas del garaje Catasús en Barcelona Zona Franca, del arquitecto José Antonio Coderch y estas ya con la disposición clásica de bóvedas cilíndricas paralelas, todas ellas cóncavas (Coderch 1954; Ochoa 1954) (Figura 10). Hasta donde sabemos es el primer ejemplo datado en España con esta disposición, similar a muchas otras construidas internacionalmente esos años.[1] Se formó un espacio de ocho bóvedas paralelas de 6,5 cm espesor, 9 m de ancho y 61,5 m de longitud – está dividida en cuatro vanos de 24+24+8,75+4,75 m. Los módulos de 9 × 24 m son notables para ser esta probablemente la primera estructura de estas características construida en España, y claramente mayores que todos los construidos en al menos la década siguiente. Los pórticos de hormigón tenían vigas arqueadas siguiendo la forma de las bóvedas y los soportes eran afilados hacia abajo. El diseño curvilíneo de pórticos para soporte de láminas cilíndricas era ya frecuente en Europa pero no en España. Las láminas eran de directriz en arco rebajado y se continuaban en sus bordes con vigas de 1,15 m de canto por 0,2 m de espesor, siguiéndose el sistema de construcción Teks-Diwidag. Eran notables los estrechos lucernarios en toda la longitud. Con solo un 9 por ciento de la superficie de la planta aportaban una iluminación interior del 55 por ciento de la luminosidad natural exterior. La altura libre de esta estructura aún existente variaba entre 5,5 m y 5,25 m, suficiente para la inclinación de drenaje.

Dos años después, en 1956, no lejos de las anteriores y también en la portuaria zona Franca de Barcelona, se construyó otro importante conjunto de bóvedas en este caso para cubrir las naves de los nuevos almacenes de algodón, suministro de la industria textil catalana (Mataix, 1956).[2] Fueron proyectados por el arquitecto Mariano Garrigues y el ingeniero Martín



Figura 9
Frontón de Añorga (Obras 19149, 118).

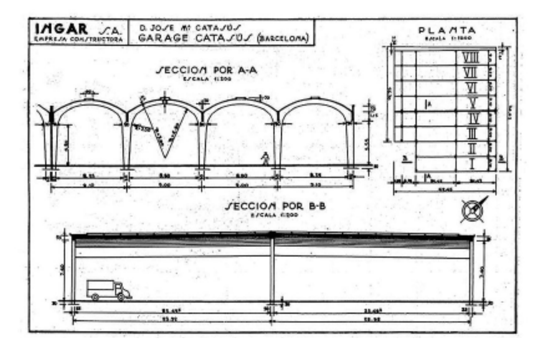


Figura 10
Garaje Catasús, Barcelona (Ochoa 1954, 507).

Monzón. Con ellas se cubrió una planta rectangular de 214 × 109 m dividida en cuatro partes por dos estrechas calles perpendiculares (figura 11). En cada sector así obtenido las bóvedas cubrían luces de 52,25 m con apoyos intermedios. Todos los apoyos eran pórticos arqueados de hormigón con luces de 6,48 m. Las bóvedas así obtenidas cubrieron por tanto vanos de 26,12 × 6,48 m, y se situaron a 10,50 m de altura. Por estimación de las imágenes disponibles las directrices eran próximas a parábolas con peralte aproximado de 1/3. Por su extensión de 23326 m2 cubiertos, esta obra fue un reto para la disponibilidad de medios en ese momento en Barcelona. El 85% de los trabajadores especializados vinieron de otras regiones españolas y así mismo el 75% del suministro de hierro y madera provino de Madrid. Un documental NODO (1956) recogió, en visita oficial del Ministro de Comercio, el estadio intermedio de las naves en construcción.[3]

En la línea marcada por las anteriores estructuras, o sea series de bóvedas cilíndricas largas, otros tres ejemplos existentes con láminas de interés, aunque dimensiones inferiores, son las cubiertas de la fábrica de cementos Rezola-Vizcaya en Arrigorriaga, de 1962, la de la sala de generadores de la central del salto de Arbón en Asturias y la de la fábrica de lácteos Colecor en Córdoba, ordenadas por tamaño decreciente de sus unidades laminares. En cementos Rezola, unidades de aproximadamente 22 × 5,15 m cubren los almacenes y depósitos de materiales conocidos como hangares I y II (figura 12) formando cubiertas alargadas con superficies de 22 × 62 m y 22 × 92 m respectivamente (Rezola 1962, CyH 1963). De

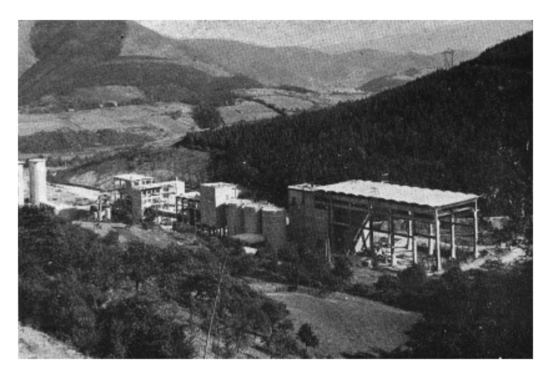


Figura 12
Fábrica de cemento Rezola (CyH 1963).

perfil circular muy rebajado incluyen vigas de refuerzo en sus aristas inferiores y se sitúan a una altura de aproximadamente 25 m, soportadas en estructuras de hormigón exentas con pilares cada dos módulos. Un cierto refinamiento es aportado por los vuelos, tanto en sentido longitudinal como en transversal, estos últimos mediante láminas con bordes formando alas libres de un ancho aproximado de 2,5 m. Los vuelos longitudinales, de algo menor dimensión, se apoyan



Figura 11
Almacenes de algodón, Barcelona (Google Earth 24/05/2016).

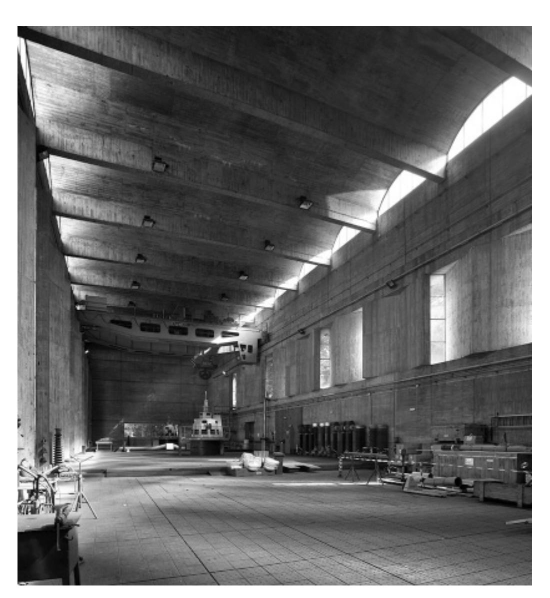


Figura 13
Central hidroeléctrica de Arbón. Sala generadores (DOCOMOMO Ibérico AST_17_19).

en la continuación acartelada de las vigas, redondeada en su parte inferior.

Para la central de Arbón (1962–69) con proyecto de Ignacio Álvarez Castelao y Juan José Elorza, se usaron unidades de aproximadamente 20 × 5,10 m cubriendo una nave de 60 m de longitud (Rey-Stolle 2005) (figura 13). El peralte fue sensiblemente mayor que en las anteriores y se mantuvo el vuelo transversal en los dos extremos mediante láminas libres sensiblemente más cortas que las recién comentadas de Rezola. Sin vuelos longitudinales, los apoyos se realizaron mediante el encastre parcial de las vigas de refuerzo, también existentes en este caso, en la coronación de los muros de hormigón de la nave. Por su parte, la singularidad fundamental de la cubierta de la fábrica Colecor estriba en el leve quiebro de las láminas en su parte central formando una disposición a dos aguas (Pico 2005). La constituyen 13 unidades paralelas de aproximadamente 30 × 4,20 m con vuelos longitudinales de cerca de 1,20 m sin vigas de refuerzo inferiores. No obstante, es probable que existan apoyos intermedios en el interior en la línea de lima hoya, con lo que la longitud real de las unidades se reduciría a 15 m.

Formas expresivas

Por último cerraremos la serie de ejemplos refiriéndonos a estructuras en que la búsqueda de una cierta espectacularidad pareció presidir su diseño. Dos son los casos a comentar y en ambos son destacables los voladizos, siendo el primero las marquesinas de vehículos del complejo Sefanitro de la factoría Barros en La Felguera, Asturias (figura 14). Las mismas fueron diseñadas por el ingeniero Carlos Fernández Casado como una parte del complejo total proyectado y construido por él mismo entre 1950 y 1954 (Fernández Casado 1957). Cubrían una planta de 15 × 20 m y estaban formadas por cuatro bóvedas de 15 × 4 m en el centro y dos medias bóvedas extremas formando éstas franjas en vuelo de 2 m. El conjunto apoyaba en su parte central en dos pórticos transversales paralelos con 5 soportes cada uno. Al estar separados los pórticos 3 m entre sí, resultaron vuelos a un lado y al otro de 6 m. Aunque las láminas no eran extremadamente delgadas –6 cm en bordes y 10 cm en el centro– el sentido de ligereza de esta construcción de modestas dimensiones se veía potenciado por la leve elevación de las bóvedas hacia el exterior.

Pero sin duda, el ejemplo más llamativo es la marquesina de la gasolinera de Bellvitge en Barcelona, más tardía y publicada en 1970, y obra del arquitecto J. Salichs Cintas (figura 15). Estaba formada por una serie de 10 bóvedas de 25 × 2,5 m (20 m luz neta interior y 4 m de voladizo delantero) y singularmente dispuestas con la convexidad hacia abajo (Salichs 1970). De gran particularidad es también el hecho de que sus generatrices eran levemente curvas apartándose ligeramente de la forma cilíndrica, y dando lugar a unidades algo arqueadas que favorecían el comportamiento estructural.[4] Las soluciones de apoyo aportaron una nueva singularidad al resolverse en la parte frontal mediante un gran y expresivo pórtico de vano único, perfiles curvilíneos y sendos vuelos extremos, y en la parte trasera con soportes individualizados en.

Conclusiones

Las estructuras con láminas cilíndricas de hormigón construidas en España durante las primeras décadas

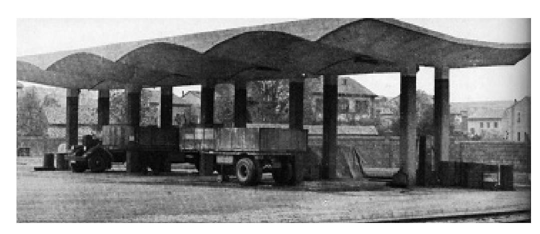


Figura 14
Fábrica Barros en complejo Sefanitro. La Felguera, Asturias. Marquesina (Fernández Casado, C. 1957).



Figura 15
Gasolinera Bellvitge, Barcelona (Salichs 1970).

tras la Guerra Civil, aunque no siendo especialmente destacadas por sus dimensiones, muestran por el contrario una interesante variedad de soluciones adaptadas a sus diferentes demandas funcionales y espaciales. El total de estructuras construidas hasta 1970 parece haber sido más bien reducido, a juzgar al menos por la información disponible y de la cual los elementos más representativos se han considerado aquí. Por esta razón, las cáscaras todavía existentes deben ser consideradas y valoradas como testimonios, locales pero ciertamente irrepetibles, de la moderna historia de la construcción. Es importante que no solo los ejemplos más famosos y reconocidos, sino también los menores o menos documentados tengan algún tipo de reconocimiento. Este trabajo intenta ser una reivindicación de sus valores estructurales y arquitectónicos. Su objetivo ha sido estudiarlas en un contexto de categorías no realizado hasta el momento. Sus resultados permitirán posteriores comparaciones en un panorama internacional y en consecuencia una evaluación ponderada de sus respectivas contribuciones.

Notas

1. En este mismo congreso y en base a la documentación publicada sobre su plan de ejecución (Ochoa 1954) también se presenta sobre este garaje el trabajo «Garaje Catasús de José Antonio Coderch: reconstrucción de una planificación», autores: Valderrama, Fernando; Guadalupe, Rafael; Ramírez, Carolina y García, Rafael.
2. Previamente y como solución provisional se habían utilizado los sótanos del Palacio de Exposiciones de Montjuic, de Barcelona (NODO 1956).
3. Desgraciadamente, una inspección reciente en Google Earth muestra su desaparición aunque se mantuvieron en pie hasta al menos mayo de 2015.
4. En rigor la configuración correspondería probablemente ya al tipo de cáscaras de Lafaille, constituidas generalmente por sectores de hiperboloides de revolución que proporcionan la doble curvatura.

Lista de referencias

Agrasar, F. 2011. Lonja de A Coruña. En *Equipamientos II. Ocio, deporte, comercio, transporte y turismo. Registro DOCOMOMO Ibérico. 1925-1965*. See http://www.docomomoiberico.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=1530:lonja-del-gransol&Itemid=11&vista=1&lang=es (accessed 28/12/2016).

Angerer, F. 1961. *Construcción laminar. Elementos y estructuración*. Gustavo Gili, Barcelona. (Bauten mit tragenden flächen konstruktion und gestaltung, 1960).

Antuña, J. 2002. *Las estructuras de edificación de Eduardo Torroja Miret*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Barreiro, P. 2005. Fábrica de la perfumería Gal. En *La arquitectura de la industria 1925–1965. Registro DOCOMOMO Ibérico* (VVAA): 205.

Coderch, J M (sic). 1954. Garaje Catasús. Barcelona. *Informes de la Construcción*, 65: 1381401–1381406.

Gallego, J. y Lombardero, M. 1961. La nueva fábrica de cemento del Pantano de Contreras. *Cemento y Hormigón,* 324 (March): 126–129.

CyH. 1949. Una construcción original. El frontón de la fábrica Rezola. *Cemento y Hormigón,* 186: 270–271.

CyH. 1953. Progresos en la industria nacional del cemento. La nueva fábrica de Aboño. *Cemento y Hormigón,* 228 (marzo): 78.

CyH. 1957. Modernización en la industria del cemento. Fábrica de cemento de Aboño, «Sociedad Tudela-Veguín». *Cemento y Hormigón,* 278 (mayo): 218.

CyH. 1963. Puesta en marcha de la fábrica de Arrigorriaga. *Cemento y Hormigón,* 350: 236.

CyH. 1975a. Fábrica de Pozo Cañada (Albacete). *Cemento y Hormigón,* 500: 1140.

CyH. 1975b. Fábrica de San Vicente dels Horts (Barcelona). *Cemento y Hormigón,* 500: 1144.

CyH. 1978. Cementos Molins, S.A. Cincuenta años de historia. *Cemento y Hormigón,* 541: 1418–1422.

C.U.R. 12 .1956. *Richtlijnen voor het ontwerpen, berekening en uitvoering van cilindrische schaaldaken van gewapend beton*. Den Haag: Comissie voor Uitvoering van Resarch.

Fernández Casado, C. 1957. La factoría de Barros (La Felguera) de la sociedad ibérica del nitrógeno. *Informes de la construcción,* 95.

García, R. 2015. Paraboloides hiperbólicos en España. Las aplicaciones industriales. En *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Iberoamericano de Historia de la Construcción.* Instituto Juan de Herrera, Madrid, Vol II: 699–709.

García, R. 2013. Dos décadas de estructuras plegadas de hormigón. Inicio y ocaso de un movimiento. *Informes de la Construcción*, 529 (Jan.-March): 27–39.

García, R. 2007. Láminas plegadas de hormigón armado. Realizaciones en España. *Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción.* vol 1: 367–78.

Lundgren, H. 1946. Oversigt over Cylinderskallers Statiske Virkemaade, *Ingenioren.* 9. Después publicado en *H. Lundgren. Scientific engineering. Selected Papers 1942 to 1984* (1985).

Martínez, M. 2015. *Origen y desarrollo del cálculo estructura de las cáscaras cilíndricas largas de cubierta: el enfoque plástico de equilibrio (1930–1960)*. Tesis doctoral. Universidad de Alcalá de Henares, Madrid.

Mataix, F. 1956. Nuevos almacenes de algodón en la Zona Franca de Barcelona. *Cúpula* 82: 1169–1170.

Melaragno, M. 1991. *An introduction to shell structures.* Van Nostrand Reinhold. N. York.

NODO (1956) Noticiario 701B. Actualidad Española [almacenes de algodón en construcción, Zona Franca Barcelona].

Obras. 1949. El frontón cubierto de la fábrica Rezola. *Obras,* 68: 117–120.

Ochoa, A. 1954. Garaje para camiones cisternas en Barcelona. *Revista de Obras Públicas,* 2874: 506–509.

Pico, R. 2005. Industrias lácteas Colecor. En *La arquitectura de la industria 1925–1965. Registro DOCOMOMO Ibérico*, Barcelona: 100.

Rabasco, P. 2011. El sistema Ctesiphonte. Evolución de la estructura catenaria. *Informes de la Construcción,* 522 (April-June): 43–53.

Rey-Stolle, C. 2005. Central y salto de Arbón. En *La arquitectura de la industria 1925–1965. Registro DOCOMOMO Ibérico,* Barcelona: 134.

Rezola, J. 1962. La nueva fábrica de «Cementos Rezola-Vizcay, S.A.» en Arrigorriaga (Vizcaya). *Cemento y Hormigón,* 342: 425–431.

Rodrigo. J. J. 2006. *La aviación en Alcalá y la conversión de su segundo aeródromo en Campus de la Universidad de Alcalá*. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, Madrid.

Salichs, J. 1970. Estación de servicio. *Cuadernos de Arquitectura,* 78: 171.

Tonda, J. A. 1973. *Cascarones de concreto*. Instituto mexicano del cemento y el concreto.

Volbeda, A. 1958. Rationalisatie bij de toepassing van schaaldaken. *Bouw*: 226–233. Adaptación del estudio de Rühle, H. (1957) en *Baukunst und Werkform*: 6.

Web ref 1. https://artedemadrid.wordpress.com/2015/10/12/nave-boetticher/ (28 December 2016).

La asimilación de las estructuras de hormigón como fundamento de una nueva arquitectura. El caso de Luis Tolosa 1927–1956

Leticia García Moreno

Las estructuras de hormigón armado irrumpieron con fuerza en la arquitectura guipuzcoana de principios del siglo XX. Primero, ocultas tras fachadas regionalistas, eclecticistas o historicistas. Pero pronto, orgullosas, marcando las pautas compositivas de una nueva arquitectura que irrumpía entonces con fuerza: el racionalismo.

Los grandes arquitectos del momento habían encumbrado los esqueletos del nuevo material, a elemento catalizador de una nueva arquitectura. Y fueron muchos los profesionales que se interesaron por esta nueva corriente no basada tanto en cuestiones de estilo, como de concepto.

Sin embargo, fuera de las escuelas de arquitectura, muchos se encontraron con dificultades para superar los modelos constructivos tradicionales y dar con una propuesta racionalista coherente. Entre ellos, destaca por su interés en estas cuestiones, una figura fundamental del panorama arquitectónico guipuzcoano de esos años: Luis Tolosa (Azpiri et al. 2012).

Luis Tolosa se incorporó a la actividad constructiva a finales de los años 20. Y, desde sus inicios profesionales demostró una gran valía para obtener composiciones armónicas y un gusto por esa nueva arquitectura. Pero su formación apenas era entonces la de un delineante, y por ello no conseguía para sus primeras obras que la expresión de la técnica tuviese el protagonismo que requería una verdadera arquitectura racionalista. Esta dificultad es un aspecto suyo que permite analizar los escollos iniciales que se dieron en el campo de la arquitectura para asimilar las imbricaciones entre el proyecto y las nuevas estructuras de hormigón.

Aunque nunca tuvo la oportunidad de estudiar la carrera de arquitectura, aprendió a enriquecer su propuesta arquitectónica trabajando en la oficina técnica del Puerto de Pasajes (1927–1956). Gracias a las experiencias allí vividas, logró asimilar la conciliación formal con los nuevos materiales. Mediante el vaciado de archivos se ha constatado este hecho. El objetivo de este análisis es el de comprender como se desarrolló este proceso de aprendizaje.[1]

Los inicios de Luis Tolosa en la oficina técnica del Puerto de Pasajes: un fachadista en busca de un nuevo estilo adecuado a puertos. 1927–1933.

Luis Tolosa empezó a trabajar oficialmente en enero de 1927 en el Puerto de Pasajes por mediación de Javier Marquina ingeniero Director de la oficina técnica del Puerto de Pasajes desde su reversión del estado el año anterior.

Javier Marquina se había encontrado entonces con una infraestructura abandonada en su mantenimiento, cuyas instalaciones, diques, edificios, muelles y accesos, debían ser renovados y ampliados. (Aguirre 1942). El, como ingeniero de caminos, canales y puertos, podía abarcar la parte técnica de todas estas construcciones, pero necesitaba alguien que pudiera ocuparse de que con todas estas actuaciones la imagen del puerto quedará totalmente renovada. Y sabía que Luis

Tolosa era el candidato ideal: un joven, con grandes dotes para el dibujo y la composición, dispuesto a seguir formándose como delineante. Siendo consciente de que éste no tenía formación técnica alguna, definió su cometido de la siguiente manera: los ingenieros de la junta resolverían la parte técnica de las construcciones y Luis Tolosa sería el encargado de velar por la imagen de los edificios más representativos.

El ingeniero-director aspiraba a que cada uno de estos edificios se resolviese en un estilo acorde a su programa. Un ejemplo que ilustra sus aspiraciones es el edificio de aduana. En este caso, Javier Marquina se inclinó por una imagen historicista próxima a la que podía tener una sucursal del Banco de España de la época. Un registro que se resolvió con una estructura heterogénea compuesta por fachadas de sillería, mampostería y ladrillo; y, forjados y pilares interiores de hormigón armado. (AAPPP)

Para el almacén que acompañaba a este edificio optó por un lenguaje neutro, industrial, con dejes historicistas, que son, precisamente, quienes desvelan, que tras estas fisonomías, no está un técnico, sino un joven delineante. Ya que en ellos, se manifiesta la incoherencia entre estilo y sistema constructivo empleado. Este edificio, de carácter industrial, se resolvió con una secuencia de pórticos (de pilares de hormigón y cerchas metálicas) arriostrados por vigas de hormigón. Un sistema constructivo que nada tiene que ver con las trabazones de las construcciones murarias que si analizamos los alzados, encontramos evocadas en sus esquinas mediante abultados de cemento (AAPPP).

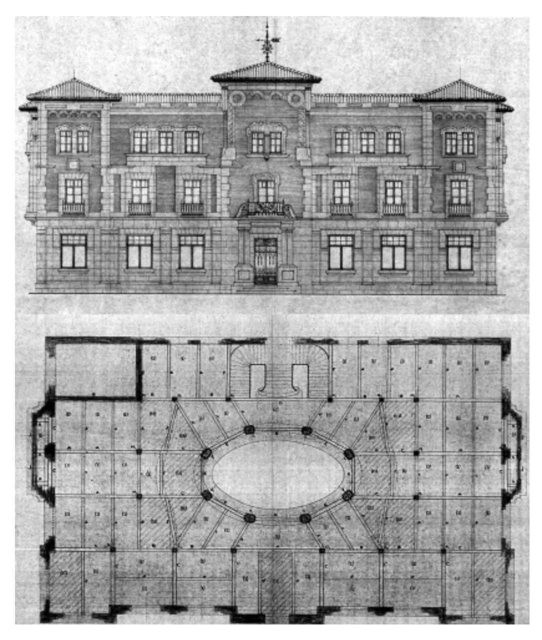


Figura 1
Alzado y planta de estructura del proyecto para edificio de aduana. *(*AAPPP)

Estos proyectos habían de ser revisados y aprobados por el Ministerio de Obras Públicas, que no compartía en absoluto las aspiraciones estéticas de Marquina. Así pues en los informes que se redactaron desde esta institución se indicó, que de aceptar cánones estéticos, debían ser « (…) los patrocinados por la moderna escuela de arquitectónica que sin abandonar en la composición y aspecto de las fachadas la máxima sencillez y procurando revelen más bien que oculten, el destino de los edificios de que formen parte obtienen los motivos de ornamentación haciendo sensibles el sistema constructivo y los materiales empleados» (AAPPP).

Marquina ante estas críticas consiguió conservar, amparándose en la cuestión del destino del edificio, la imagen que había ideado para algunos de los edificios más representativos. En entre ellos el del edificio de aduana, que conservó la imagen de *Banco de España*. Sin embargo, sí admitió que Luis Tolosa revisase en un estilo expresionista de planteamientos racionalistas las fachadas de otros dos proyectos de edificios representativos: el edificio de oficinas para particulares y el

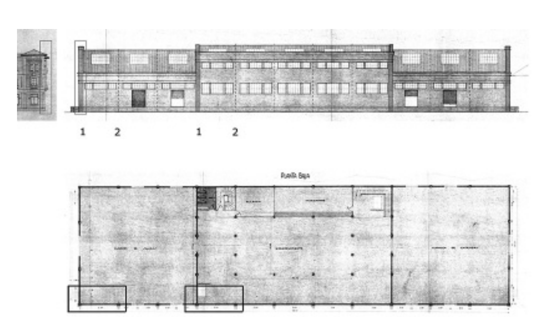


Figura 2
El almacén de aduana es un claro ejemplo de coherencia entre sistema constructivo y estilo: la trabazón que sugiere en ciertos puntos (1) no se corresponde con la presencia de la estructura (2), tal y como se indica sobre el alzado y la planta de proyecto. (AAPPP)

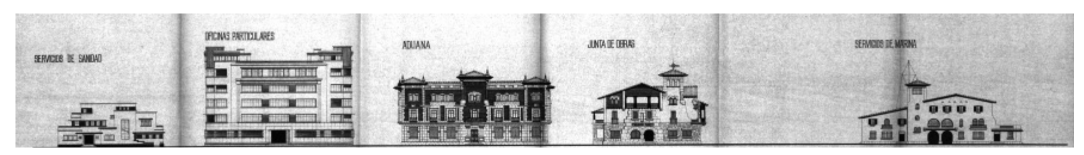


Figura 3
Alzado que se presenta con los estilos definitivos de los edificios representativos del Puerto de Pasajes: servicios de sanidad, oficinas para particulares, aduana, Junta de Obras y servicios de marina. (AAAPP)

edificio de servicios de sanidad. Un estilo de cubiertas planas y paños desornamentados que incluso a Marquina le pareció «más adecuado a puertos» (AAPPP).

La constatación de la falsa modernidad de las primeras experiencias de Luis Tolosa en clave racionalista. 1933–1935.

Al aminorar el ritmo de la redacción de proyectos de edificios, Luis Tolosa accedió a nuevas ocupaciones como el seguimiento de las obras de los edificios que había estado dibujando. Así pues, entre los años 1933 y 1935, Luis Tolosa estuvo al tanto de las obras de estas construcciones (Aguirre 1942). Una labor, que tal y como quiso reflejar Marquina en su expediente personal, desarrollo «Con una competencia muy superior a la que corresponde por su cargo, con un trabajo asiduo y constante, sin haber utilizado las licencias reglamentarias para mejor atender a las obras, ha estado al cuidado de ellas con un talento y laboriosidad poco comunes» (AAPPP).

El seguimiento minucioso de estas obras, le brindó la oportunidad de acercarse a dos tipos de estructuras diferentes: la construcción muraria y las estructuras de pilares y vigas de hormigón armado. Y, experimentó lo que ocurría al combinar estilos distintos con sistemas constructivos diferentes.

Con el edificio de aduana pudo constatar que la respuesta natural para las fachadas de estilo historicista, era el empleo de la construcción muraria. La imagen final que resultaba era la del proceso constructivo en obra de combinar las diferentes fábricas empleadas según las necesidades resistentes. Así pues se empleaba la sillería en planta baja y refuerzos (esquinas, dinteles, parteluces, etc…), y en el resto se alternaba con fábrica de ladrillo. Y era, en base a estas necesidades resistentes, como se resolvía la composición.

Otra realidad constructiva a la que tuvo la oportunidad de acercarse fue la de las estructuras de hormigón armado, que estaba detrás del estilo elegido en el caso del edificio de oficinas para particulares. Una elección que había sido imprescindible para poder ofrecer los





Figura 4
Fotografías de las obras y del resultado final del edificio de aduana. Contrastándolas se aprecia la coherencia entre sistema constructivo y criterio compositivo. (FFAPP)

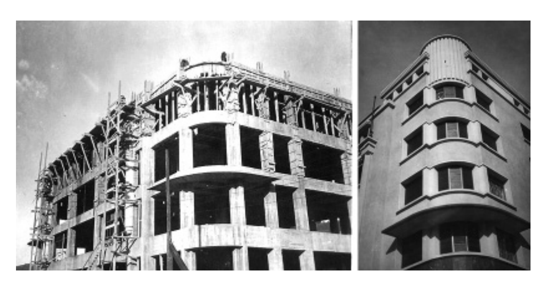


Figura 5
Fotografía de las obras y del resultado final del edificio de oficinas para particulares. En las que se aprecia como las decoraciones ejecutas mediante abultados de cemento son las responsables de agrupar formalmente los huecos simulando una rasgadura continua, evidencia la incoherencia entre sistema constructivo y criterio compositivo. (FFAPP)

grandes huecos de proporciones horizontales que caracterizan el alzado. Sin embargo, este sistema constructivo precisó el empleo de decoraciones sobre la estructura para conseguir que estos huecos se agruparan en una franja corrida tal y como solían aparecer en las arquitecturas racionalistas. Evidenciando así las incongruencias que se daban entre composición y construcción en estos primeros edificios.

Este hecho mostró a Luis Tolosa hasta qué punto, el estilo expresionista de planteamientos racionalistas que había empleado en algunos edificios, era una mera estetización de esa arquitectura moderna fundamentada en el uso del hormigón armado que habían solicitado desde el Ministerio (AAPPP).

Para entender porque le ocurría esto a Luis Tolosa se debe prestar atención a la relación entre el cerramiento y la estructura de hormigón que se da en estos primeros proyectos en clave racionalista.

La verdadera arquitectura racionalista fundamentaba sus criterios compositivos en las posibilidades que brindaban las nuevas técnicas basadas en el uso del hormigón armado: la disociación entre el orden estructural y el orden del cerramiento; y, el uso de la cubierta plana como espacio transitable. Así pues, en base a estas nuevas opciones, que eran permitidas por el empleo de un esqueleto neutro, formado por losas planas y pilares cuadrados o circulares de hormigón armado (Rowe 1978), Le Corbusier había fundamentado con anterioridad sus *cinco puntos sobre una nueva arquitectura,* una propuesta compositiva que rompía con la tradición constructiva.

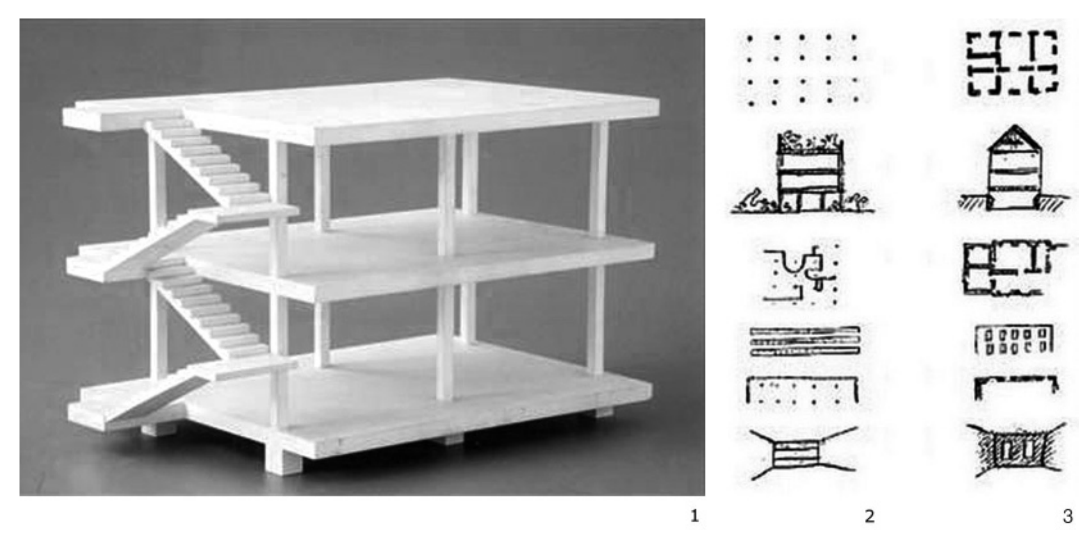


Figura 6
Maqueta que representa el emblemático esquema de la Maison Dom-Ino de 1914 (1), en base al cual Le Corbusier fundamento sus cinco puntos para una nueva arquitectura (2): los pilotis, la planta libre, la fachada libre, la fenêtre en longueuer y las terrazas-jardín. Una propuesta compositiva que buscaba romper con la derivada de la construcción tradicional (3). (FLC/ADAGP)

Luis Tolosa, gracias a su trabajo en el Puerto de Pasajes, recibía revistas de arquitectura nacionales y extranjeras que le permitían conocer proyectos racionalistas que bebían de la propuesta corbusierana. Nuevos edificios de cubiertas planas, y paños desnudos en los que las ventanas horizontales eran franjas corridas tan largas como se precisase. Unas referencias, que sin duda, tuvo en los primeros proyectos a los que quiso dotar de una imagen racionalista.

Sin embargo, en éstos primeros proyectos de Luis Tolosa la fachada se veía aun condicionada por su estructura. Una osamenta que estaba formada por pilares cuadrados, viguetas rectangulares, viguetas y losas. Un esquema con el que habitualmente los ingenieros del puerto resolvían las estructuras de pequeña envergadura, por su sencillez de diseño y economía (García 2015). Pero con el cual se condicionaba la disposición del cerramiento. Ya que la utilización de vigas provocaba, que lo natural fuera colocar los cerramientos alineados a estas.

De los primeros contactos con las estructuras desnudas de hormigón armado hasta su asimilación culta. 1935–1940.

Los proyectos con losas planas

Luis Tolosa no tuvo contacto con una estructura de losa continúa sobre columnas hasta 1937. Ese año el ingeniero-director decidió presentar una modificación de los proyectos que se habían presentado para instalar nuevos almacenes. Los documentos primitivos se habían redactado de urgencia y en ellos se habían planteado la estructura habitual formada por pilares, vigas, viguetas y losas. Un esqueleto que podía dar problemas frente a los asientos por la rigidez de sus elementos si era sometido a importantes sobrecargas. Javier Marquina, conocedor de las afecciones que podían derivarse de esta cuestión, propuso para evitarlas un esqueleto que hasta entonces no se había empleado en el Puerto: losas sobre columnas con capitel (AAPPP). Un esquema en el que las flexiones producidas se reparten alrededor del capitel y en el que, debido a la poca rigidez de la losa, no se producen en esfuerzos de consideración.

Este sistema, además, simplificaba los tiempos de ejecución, una cuestión que era fundamental en este caso, para mantener las en condiciones normales la explotación del puerto. El nuevo esquema frente al primitivo, permitía simplificar la disposición de encofrados, realizar la disposición de las armaduras en mayores extensiones, y realizar vertidos de hormigón mayores. Un motivo que impulsó, también, que se optase por la eliminación total de la albañilería, sustituyendo los cierres de fachada por tabiques de hormigón armado.

La solución final provocó que Javier Marquina manifestara orgulloso que «Así el almacén queda reducido a pura estructura (ideal a que debe aspirarse



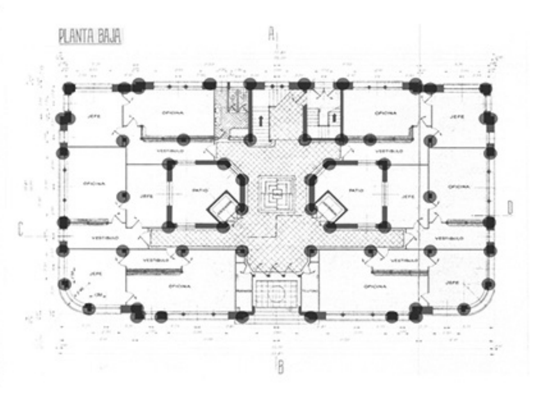


Figura 7
Ejemplo de estructura que habitualmente empleaban los ingenieros del puerto y su incidencia señalada con círculos sobre la planta del edificio de oficinas para particulares. (FFAPP; AAPPP)



Figura 8
Imagen del interior de uno de los almacenes en la que se aprecia la estructura de losas planas sobre columnas con capitel. (FFAPP)

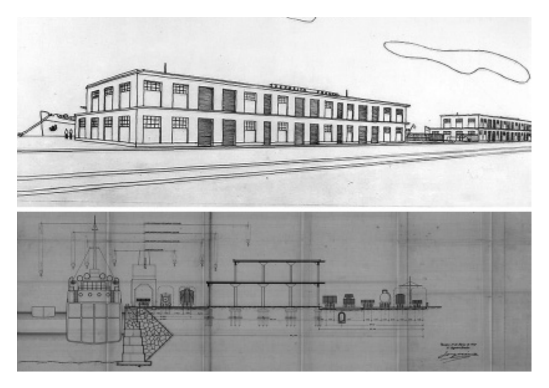
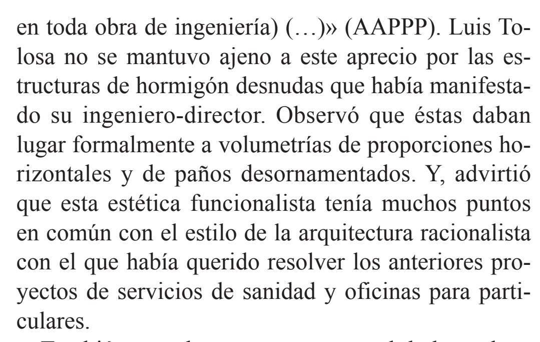


Figura 9
Perspectiva exterior en la que se aprecia como la imagen es un reflejo directo de la estructura de los almacenes, que se aprecia en la sección de proyecto. (FFAPP; AAPPP)



en toda obra de ingeniería) (…)» (AAPPP). Luis Tolosa no se mantuvo ajeno a este aprecio por las estructuras de hormigón desnudas que había manifestado su ingeniero-director. Observó que éstas daban lugar formalmente a volumetrías de proporciones horizontales y de paños desornamentados. Y, advirtió que esta estética funcionalista tenía muchos puntos en común con el estilo de la arquitectura racionalista con el que había querido resolver los anteriores proyectos de servicios de sanidad y oficinas para particulares.

También con el esquema estructural de losa plana sobre pilares con capitales se presentó la siguiente propuesta desarrollada en la Junta de Obras del Puerto: el proyecto de accesos de 1938. Una infraestructura formada por un conjunto de dos rampas con un cuerpo intermedio de escaleras que abría un punto de acceso a la zona noble del puerto (AAPPP). Este proyecto es de enorme trascendencia en el proceso de aprendizaje de Luis Tolosa, porque en él realiza por primera vez un gesto que es en esencia el manifiesto constructivo de la arquitectura moderna frente a la tradición constructiva: el dejar que estructura y cerramiento aparezcan como dos elementos perfectamente diferenciados. La manera natural de ubicar en este caso los cierres del pequeño programa de estanco y aseos dentro esta estructura era separándose de los pilares de hormigón con capitel, aprovechando que la losa era plana.

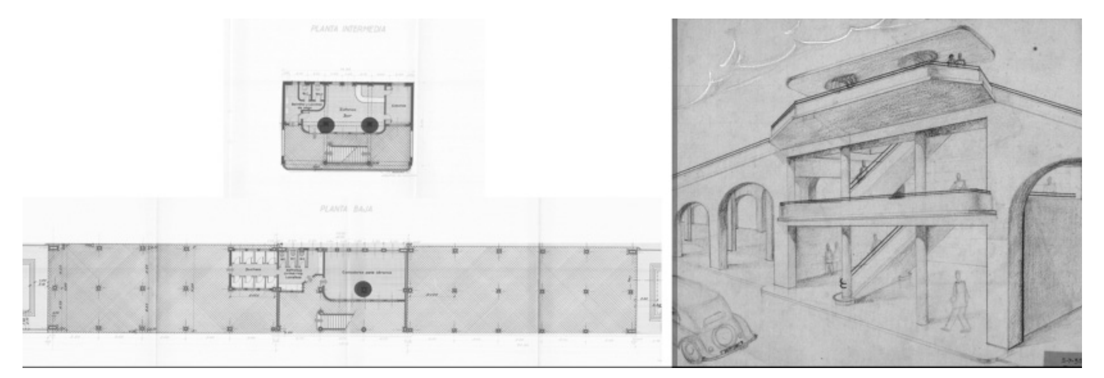


Figura 10
Imagen en la que se aprecia la libertad del cerramiento respecto a la estructura que se señala con círculos sobre las plantas del proyecto de accesos que Luis Tolosa representa en la perspectiva que se adjunta. (AAPPP; FFAPP)

Y este hecho favoreció que Luis Tolosa adoptara por primera vez un gesto que repetirá a partir de entonces a lo largo de toda su carrera.

Los proyectos de comedores

Manifestar la autonomía entre cerramiento y estructura es el fundamento en el que encuentran su razón de ser muchos de aquellos elementos compositivos que no acababa de dominar en los primeros proyectos en clave racionalista, como por ejemplo las rasgaduras horizontales. En el momento que asimiló la libertad que aportaban los pilares de hormigón frente a los muros, Luis Tolosa adquirió las herramientas adecuadas para resolver ese recurso, que aplico a sí mismo en otro proyecto que resulta especialmente significativo en estos términos: los comedores de empleados del puerto de 1939.

El 8 de junio de 1938, mientras se estaban construyendo los almacenes, se publicó una disposición según la cual las empresas debían incluir un comedor para empleados en sus instalaciones. Este debía «de reunir condiciones de higiene, sencillez y alegría». Para dar cumplimiento a este decreto se decidió no ocupar más suelo del puerto, y emplear para ello la azotea de uno de los almacenes, el más céntrico (AAPPP).

Luis Tolosa debió requerir que el espacio de comedor fuera un espacio diáfano. Y para adecuarse a esta premisa, los ingenieros plantearon un pórtico articulado que libera con su luz el ancho de la planta (15 metros aproximadamente). Sobre este pórtico dispusieron las vigas que reciben las viguetas sobre las cuales descansa la losa de forjado. Una estructura, que lejos de ser neutra, estaba marcada por una direccionalidad significativa.

Sin embargo, esta cuestión ya no va a impedir que Luis Tolosa logre obtener a partir de ella aque-

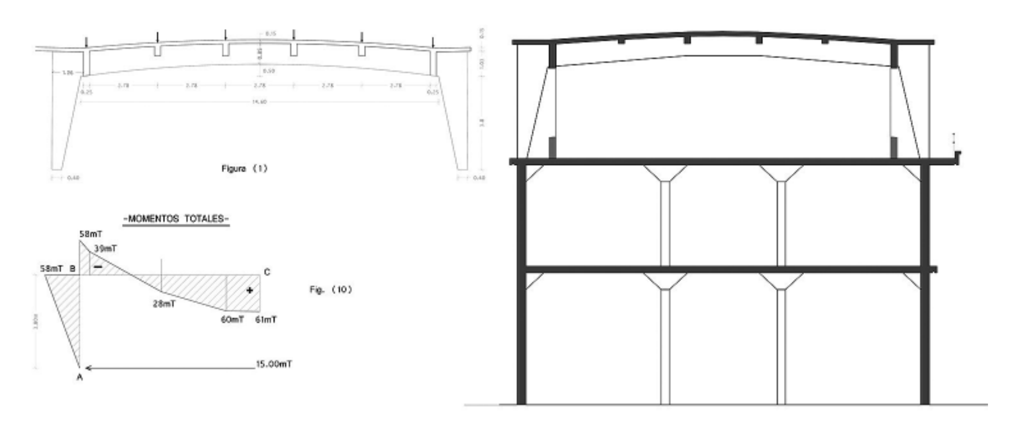


Figura 11
Croquis de la estructura que acompaña la memoria del proyecto junto a una sección elaborada por la autora en la que se aprecia su ubicación en la sección general del almacén. (AAPPP)

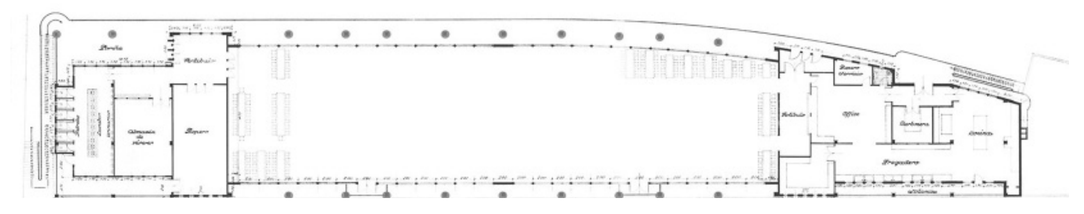


Figura 12
Imagen en las que se muestra la libertad del cerramiento respecto a la estructura que se señala con círculos sobre las plantas de proyecto. (AAPPP)

llas propuestas compositivas corbusieranas, que hasta entonces le habían estado dando quebraderos de cabeza. Tras las experiencias vividas en los proyectos de almacenes y accesos al puerto, Luis Tolosa va a ser capaz de acomodar en esta osamenta una franja de vidrio corrida que rasga completamente un paño de albañilería que dispone alejado de los pilares del pórtico.

Para adecuar el orden de esta membrana al orden de la estructura, la colocó alineada con la primera de las viguetas, estableciendo así el diálogo necesario con el cerramiento que requiere una estructura formada por elementos direccionales. Al disociar el plano del cerramiento del plano de los pilares, Luis Tolosa ya no se vio condicionado a abrir los huecos ciñéndose al espacio que quedaba entre estos. Por el contrario, se encontró con que había dado con una solución que, auspiciada por las nuevas oportunidades que brindaban las estructuras de hormigón le permitía que las ventanas corriesen libre por todo el ancho de la fachada.

Empleando esta solución pudo prescindir de abultados de cemento meramente decorativos para evocar la imagen de rasgadura horizontal que conocía por las revistas. La ventana como rasgadura vidriada corrida, aparece aquí como un criterio compositivo que responde plenamente al sistema constructivo empleado. Es la manifestación formal de la independencia entre el cerramiento y la estructura de hormigón armado.



Figura 13
Fotografía interior del espacio de comedor en la que se aprecia la ventana corrida que rasga completamente la fachada. (FFAPP)

Ese mismo año, Luis Tolosa estaba realizando, fuera del ámbito del puerto, otro proyecto de comedores para la empresa Laborde Hnos. de Andoain, para la que ya había trabajado con anterioridad. En este proyecto que se encontraba fuera del ámbito del Puerto de Pasajes, fue el propio Luis Tolosa quien planteó, dimensionó y calculó la estructura (APLTA; García 2015). Para ello, recurrió al esquema de estructura más elemental que había aprendido de sus compañeros ingenieros: el esquema formado por pilares, vigas, vi-

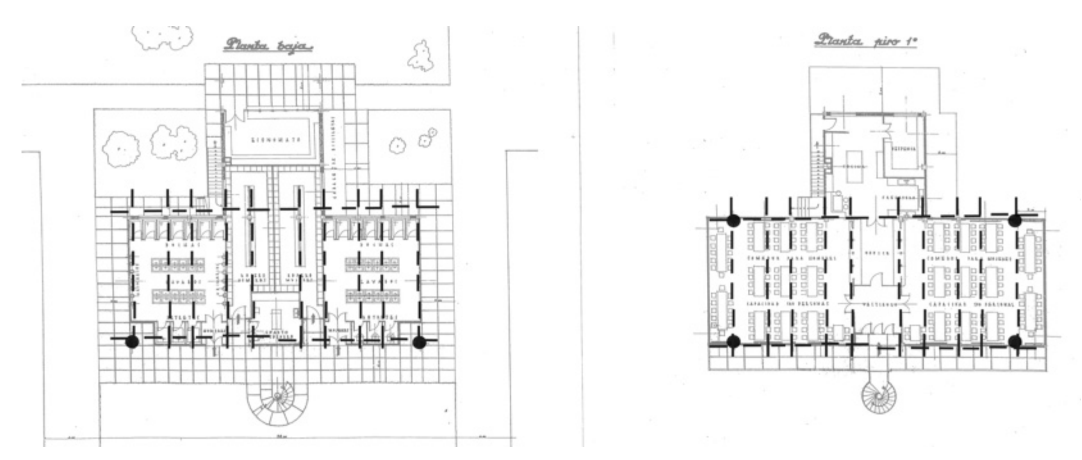


Figura 14.
Imagen en las que se representan las estrategias respecto a la relación entre estructura y cerramiento empleada por Luis Tolosa: los pilares que se separan de la envolvente se señalan con un círculo, mientras que el resto se representa con la indicación de los ejes sobre las plantas de proyecto. (APLTA)

guetas y losas de hormigón. Al que sumó le sumo un nuevo recurso constructivo: los voladizos. El empleo de este nuevo elemento constructivo le permitió dar con nuevas respuestas compositivas auspiciadas en los nuevos esqueletos de hormigón armado.

Volando las losas sobre las vigas y viguetas consiguió que los pilares quedasen retranqueados respecto al borde del forjado. En base a este esquema estructural definió dos estrategias proyectuales diferentes: en la fachada principal, utilizó estos voladizos para relegar la fachada a un segundo plano; y en las laterales, los empleó para formalizar la libertad de la planta y de la fachada respecto a la estructura.

Como Luis Tolosa también quería un espacio diáfano para este comedor, el pórtico que cubriese este espacio en sentido transversal debía de ser de un único vano. Y sus pilares no debían invadir el espacio interior. Para lograr esta premisa, decidió acomodar los pilares en las fachadas longitudinales.

Aunque esta decisión recuerda a sus distribuciones iniciales del cerramiento alineadas con las líneas estructurales, nada tienen que ver ambas situaciones. Este gesto es ahora un gesto consciente en el que Luis Tolosa va a buscar en la expresión formal de la estructura, la base compositiva del alzado. Lejos de enmascarar los pilares y las vigas, los va a emplear para vertebrar la distribución de paños ciegos y vidriados. Por ejemplo, en la fachada frontal abrió los huecos colgándolos de las vigas y los dispuso entre pilares. Posteriormente, determinó su proporción, y a





Figura 15
Fotografías exteriores en las que se aprecian las dos estrategias proyectuales con las que caracterizó el alzado a partir de la incorporación del vuelo al esquema estructural. (FL)

partir de la medida que imponía la estructura estableció la altura del antepecho. Para lograr la ingravidez que caracteriza esta pieza de arquitectura, Luis Tolosa relegó la fachada a un segundo plano en el alzado principal a través de los vuelos anteriormente descritos. De esta manera, al igual que ocurre en los comedores del Puerto, la expresión del primer plano del alzado quedó reducida a pura estructura.

En las fachadas laterales, empleó otro recurso: el uso de la disposición de estos voladizos para disociar el esqueleto de la envolvente. Su empleo le permitió obtener una fisonomía en clara ruptura con la imagen derivada del descenso vertical de las cargas, característica de las tradicionales construcciones murarías. Para lograrlo retranqueo la fachada en la planta baja, y en las plantas superiores la adelantó hasta colmatar el perímetro del vuelo. Mediante este juego, sin recurrir a la rasgadura de la membrana, explicó la condición no portante del cerramiento.

A modo de conclusión: la consolidación de la arquitectura racionalista de Luis Tolosa. 1940–1956.

Luis Tolosa en 1940, tras las experiencias de los comedores, está cualificado para acomodar la fachada en un entramado estructural de hormigón armado alejado de los pilares y por tanto del descenso de las cargas. Una cuestión que resuelve, bien introduciendo dentro del pórtico el cerramiento (comedores del puerto), o bien mediante su disposición adelantada respecto a éste con voladizos (comedores de Laborde Hnos.). También es consciente de que necesita esa independencia del paño, respecto a la estructura, si quiere rasgarlo con una franja vidriada continua. Así como que generar esta independencia en algunos casos puede llevar aparejada una factura constructiva, que puede no resultar de interés. Para esos casos, sabe buscar los grados de determinación para el proyecto mediante la absorción en el orden de la estructura del cerramiento.

Estas respuestas compositivas, fundamentadas en la técnica constructiva, se sumaran desde entonces a su arquitectura en clave racionalista de paños desornamentados y cubiertas planas. Dando lugar a una obra dentro y fuera del Puerto de Pasajes, que es uno de los conjuntos más celebrados de la de arquitectura racionalista guipuzcoana de posguerra.

Examinada su arquitectura a partir de 1940 hasta su muerte en 1956 (Aguirre 1956), y retomando toda su trayectoria, parece claro que Luis Tolosa supo enriquecer su propuesta compositiva a partir de su formación técnica en su trabajo en el Puerto de Pasajes. Allí de la mano de los ingenieros, aprendió a manejar un esqueleto en el que encontró la técnica en la que fundamentar su propuesta compositiva. A pesar de que inicialmente estos entramados le plantearon una serie de dificultades para lograr una arquitectura verdaderamente racionalista, una vez asimilado el papel que las nuevas estructuras desempeñaban en la arquitectura verdaderamente moderna, Luis Tolosa supo erigirlos a fundamento de toda una serie de respuestas formales al problema que plantea la congruencia entre estructura y cerramiento en el empleo de estas osamentas de hormigón armado (APLTA; AAPPP).

Notas

1. El trabajo que aquí presento forma parte de mi tesis doctoral en curso «Arquitectura y técnica en la obra de Luis Tolosa Amilibia», inscrita en la UPV/EHU. El acceso a los diferentes archivos le fueron facilitados a la autora d entro de su participación en el trabajo de investigación sobre esta figura que coordinó la Dra. Ana Azpiri y financió el Puerto de Pasajes en 2012.

Lista de referencias

APLTA: Archivo personal de Luis Tolosa Amilibia. Legajos referentes a proyectos realizados para las siguientes empresas: Laborde Hermanos; Ziako; Nueva Cerámica de Orio; Jose Mª Aizpurua; Colorantes Lilly; Central de Mañeru; Antuñano; Astilleros Luzuriaga; Ramón Vizcaíno; Fundaciones Vera-Bidasoa; MEIPI; Cooperativa de pesca; Ramón Lilly; Fábrica Elgorriaga; Hispano Africana; Gama; Conservas José Ortiz; Fundaciones Iresa; Prodesa.

AAPPP: Archivo de la Autoridad Portuaria del Puerto de Pasajes. Expedientes: 4–131. Puerto pesquero; 8.Aduana; 13.Garitas de vigilancia; 15.Accesos al puerto; 18.Oficinas para Particulares; 19–58. Edificio para los servicios de sanidad; 20. Almacenes y comedores de los trabajadores; 34. Lonja de pescado; 75. Báscula y reloj; 101. Ampliación para el taller de la Junta; 103. Embarcadero; 207. Viviendas para la dotación del remolcador de salvamento y almacén de efectos para el mismo 213. Tinglado.

Aguirre J.M., 1942. *Memoria que manifiesta el progreso y desarrollo del Puerto de Pasajes desde su reversión al estado en enero de 1927 hasta diciembre de 1941*. Tolosa: Dirección del Puerto de Pasajes.

Aguirre J.M., 1949. *Memoria que manifiesta el progreso y desarrollo del Puerto de Pasajes desde enero de 1942 hasta diciembre de 1948*. Tolosa: Dirección del Puerto de Pasajes.

Aguirre J.M., 1956. *Memoria que manifiesta el progreso y desarrollo del Puerto de Pasajes desde su reversión al estado en enero de 1949 hasta diciembre de 1955*. Tolosa: Dirección del Puerto de Pasajes.

Azpiri A., Etxepare L., García L., García F., Sánchez D., 2012. *La arquitectura de Luis Tolosa*. San Sebastián: Autoridad Portuaria de Pasaia/COAVN/Nerea.

FFAPP: Fondo fotográfico de la Autoridad Portuaria de Pasajes. Archivo de la Autoridad Portuaria del Puerto de Pasajes.

FL: Fondo Laborde. Archivo Municipal de Andoain.

FLC/ADAGP: Fondation Le Corbusier

García, L., 2015. Diseño prestablecido de las estructuras de hormigón armado en la primera mitad del siglo XX. La obra de Luis Tolosa Amilibia, 1928–1956. *Actas Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción.* Segovia, 13 a 17 de octubre, 2015. Segovia: Instituto Juan Herrera. 711–718.

Rowe C., 1978. *Manierismo y arquitectura moderna y otros ensayos.* Barcelona: Gustavo Gili.

Las bóvedas del claustro del monasterio de Santa María de Valdeiglesias

Julián García Muñoz
Carlos Martín Jiménez

El monasterio de Santa María de Valdeiglesias es uno de los edificios cistercienses de mayor importancia de la Comunidad Autónoma de Madrid. Está situado en el término municipal de Pelayos de la Presa, en el extremo sudoeste de la región. Es un edificio poco conocido en términos generales, pero su singularidad ha despertado recientemente el interés de la comunidad académica, y su historia y su arquitectura han empezado a ser estudiadas con detalle (García 2010; Merino 2000; Tejela 1990; Vela 2011). Pese a ello, aún existen numerosos aspectos por investigar, tales como la evolución de su configuración constructiva (Díaz 2005).

El conjunto monástico, cuyas primeras trazas pueden datarse en el S. XII, consta de tres zonas claramente diferenciadas. Al norte, la iglesia, de planta de cruz latina de una nave, con una cabecera triple y transepto; al sur, un claustro de planta romboidal que daba acceso a diferentes dependencias (sala capitular, cocina y refectorio); al oeste, un volumen abierto en forma de ele que albergaba la hospedería.

En la actualidad una parte importante del monasterio se encuentra en ruina, por lo que en los últimos años se han llevado a cabo diferentes actuaciones con la intención de consolidar y estabilizar las estructuras existentes. La presente comunicación da cuenta de una de esas actuaciones: la intervención, realizada en 2016, sobre las bóvedas de la esquina noreste del claustro. Las obras fueron promovidas por el área de conservación y restauración de la Dirección General de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid (figura 1).

Una historia del monasterio

Los hitos de la evolución histórica y arquitectónica del monasterio han sido detallados de forma reciente en diferentes estudios. Fernando Vela y Alejandro García resumían los principales en un breve artículo (Vela 2011) en el que destacaban que «el Valle de las Iglesias (Valdeiglesias) debe su nombre al gran número de ellas que fundaron los primitivos eremitas que durante siglos se retiraron a este … paraje» e indicaban que «sobre una de ellas, la ermita de la Santa Cruz, agruparía el rey Alfonso VII en el año 1150 las distintas comunidades religiosas mozárabes que poblaban el valle para conformar el monasterio de Santa Cruz» (Vela 2011). Las obras que arrancaron entonces sobre el templo primitivo permitieron adaptar el edificio a su nueva condición monástica cuando fue dado por Alfonso VIII, en 1177, «a los monjes cistercienses del monasterio de la Santa Espina (Castromonte, Valladolid), quienes enviaron a él cinco religiosos entre los cuales se encontraba el francés Nivardo, hermano del propio Bernardo de Claraval» (Bango 1998).

Desde ese momento fundacional hasta las reformas renacentistas y barrocas existen pocos datos sobre la evolución arquitectónica y constructiva del edificio, aunque sí se dispone de abundante información sobre la gestión del mismo (Rodríguez-Martín 1986). La incorporación del monasterio, realizada en 1485, a la Regular Observancia de Castilla, y el «impulso reformador propiciado por los Reyes Católi-

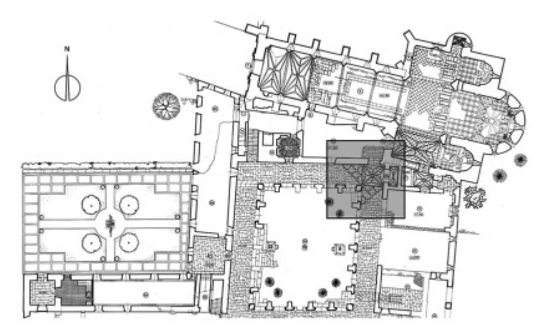


Figura 1
Planta del monasterio de Santa María de Valdeiglesias (García 2010). En gris se marca la zona afectada por los trabajos que se describen a continuación.

cos» posibilitó una situación de «mejora que habrá de mantenerse a lo largo de los siglos XVI y XVII, como demuestra el aumento del número de monjes y el propio crecimiento del edificio» (Díaz 2005).

De nuevo Vela y García han documentado la construcción de diferentes áreas del edificio en el siglo XVI: «Entre los años 1528 y 1559, dando acceso a las nuevas celdas monacales, se realizó el claustro alto, hoy completamente arruinado» (figura 2). «Paralelamente se ejecutaron reformas en el refectorio…, incluyendo el retablo mayor y el coro de monjes, que fue concluido en el año 1571. A finales de este siglo se construyeron el noviciado, la hospedería y la portada monumental de acceso». Durante la primera mitad del siglo XVII se levantaron las últimas construcciones: «la nueva fachada principal de la iglesia y la gran bodega ubicada al sur del conjunto» (Vela 2011).



Figura 2
Estado de las bóvedas al inicio de los trabajos. Fotografía: Carlos Martín.

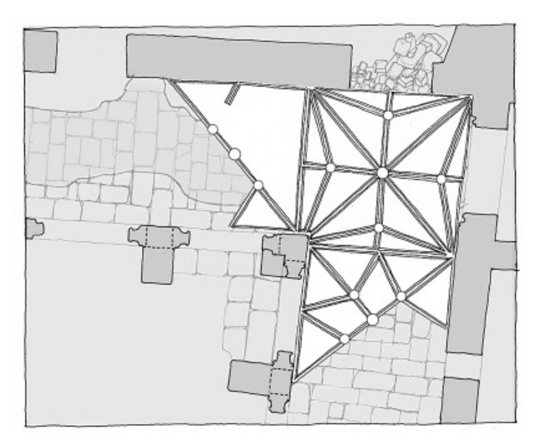
El incendio que tuvo lugar en el año 1743 marcó el comienzo de la degradación arquitectónica del monasterio, que se acrecentó cuando éste fue víctima de la desamortización en el año 1836. A partir de entonces la ruina progresiva del edificio se combinó con el expolio de material para construcciones de los pueblos vecinos. Esta situación de abandono «ya no se detendría hasta la adquisición del conjunto por el Dr. Arquitecto Mariano García Benito [en 1974], quien ha sido último dueño y custodio» (Vela 2011) del monasterio hasta la constitución, en el año 2004, de la Fundación Monasterio Santa María la Real de Valdeiglesias.

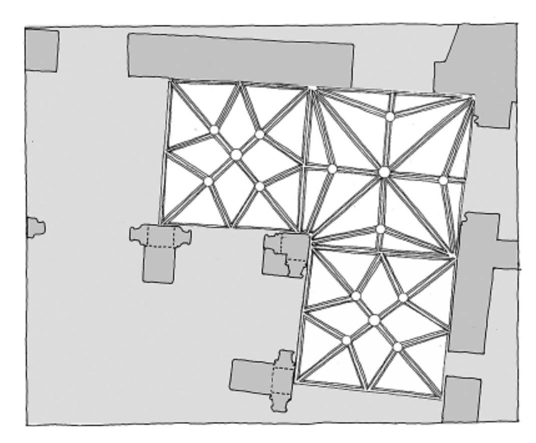
El área de la intervención

La zona del edificio que se trata en la presente comunicación, en la que se realizó la intervención mencionada, es la de la esquina noreste del claustro, un área en la que tres bóvedas se mantenían parcialmente en pie. Se trata de tres bóvedas de crucería, estrelladas, sobre nervaduras de crucero, sin nervio continuo transversal, con terceletes, perpiaños y diferentes claves (figuras 3a y 3b). El claustro cubierto al que pertenecían es el llamado claustro alto, cuya construcción diversos autores (Navascués 2000; Vela 2011) fechan entre 1528 y 1559.

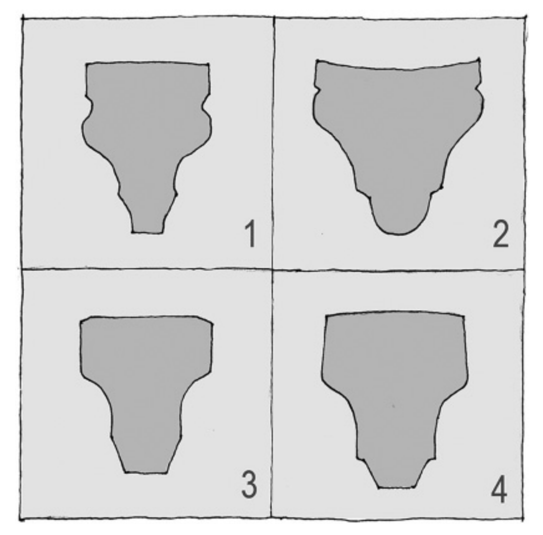
Es importante reseñar que la esquina en la que se sitúan las tres bóvedas se ve afectada por la irregularidad formal que afecta a todo el conjunto, y que se manifiesta en la falta de ortogonalidad de los muros que conforman el claustro. Por este motivo las bóvedas, y muy especialmente la de la esquina, tienen una planta irregular, prácticamente romboidal, y las nervaduras de crucero tienen dimensiones diferentes (figura 4), correspondientes a la diagonal corta y larga del rombo que componen. Terceletes y ligaduras se ven también, como es lógico, sometidos a distorsiones debidas a este problema.

Las bóvedas estaban construidas originalmente con nervaduras de granito y plementería de la misma piedra. La plementería se encontraba acabada al interior mediante revocos y pinturas de los que apenas se conservan restos. Se mantenían en pie la bóveda de la esquina completa y los plementos de las





Figuras 3A y 3B
Nervaduras y plementos en el estado inicial y en el estado reformado. Fuente: elaboración propia.



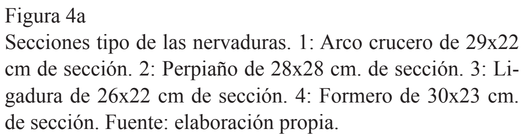
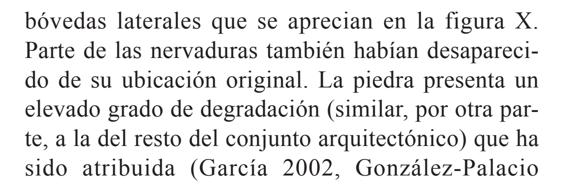


Figura 4a
Secciones tipo de las nervaduras. 1: Arco crucero de 29x22 cm de sección. 2: Perpiaño de 28x28 cm. de sección. 3: Ligadura de 26x22 cm de sección. 4: Formero de 30x23 cm. de sección. Fuente: elaboración propia.





Figura 4b
Nervadura y clave encontradas en la escombrera del monasterio. Fotografías: Carlos Martín.



bóvedas laterales que se aprecian en la figura X. Parte de las nervaduras también habían desaparecido de su ubicación original. La piedra presenta un elevado grado de degradación (similar, por otra parte, a la del resto del conjunto arquitectónico) que ha sido atribuida (García 2002, González-Palacio 1973) a diferentes motivos: es evidente que el abandono del edificio y el expolio de las estructuras pudo ser un factor determinante, pero también que la construcción del cercano pantano de San Juan, y el consiguiente aumento de la humedad ambiente en la zona, pudo afectar al comportamiento higroscópico de los materiales constructivos.

Trabajos realizados

El concepto de la reconstrucción

La intención de los trabajos que se detallan a continuación fue la de consolidar la zona y evitar, en la medida de lo posible, que continuara la degradación del edificio y la desaparición del material original. Por ese motivo se decidió recoger y catalogar las dovelas y claves que se encontraban en la escombrera del monasterio y emplear ese material, convenientemente restaurado, para reconstruir las nervaduras (figura 5). Para la plementería se emplearon bóvedas tabicadas con ladrillo de tejar, un sistema constructivo que se integra bien en el conjunto pero que posibilita, a la vez, identificar a posteriori las zonas de reconstrucción.

La reconstrucción parcial de un abovedado de este tipo siempre enfrenta un problema: las bóvedas de claustro funcionan en continuidad, formando un sistema de contrarrestos consecutivos; un sistema de contrarrestos que no existe si alguna de las bóvedas, como en el caso actual, falta. Aquí, las dos bóvedas anejas a la de la esquina del claustro generan empujes laterales que no pueden ser recogidos por ninguna bóveda adjunta. Por este motivo, la dirección facultativa de las obras tomó la decisión de reforzar las bóvedas laterales con un armado de varilla de fibra de vidrio, pensado para garantizar que los empujes de la bóveda podrían ser contenidos por este armado y atados a la zona estable de la estructura de fábrica.

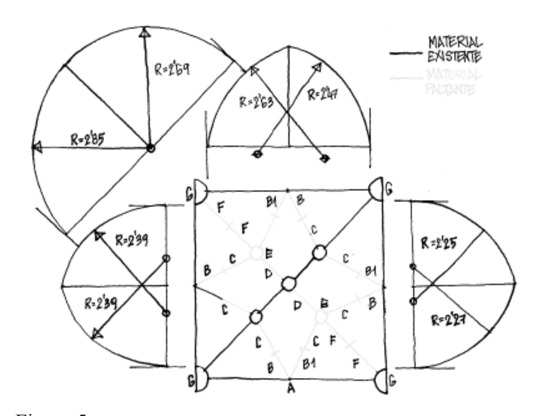


Figura 5
Desarrollo de las nervaduras de la bóveda noroeste. A: 1ud Clave doble de perpiaño ligadura inclinada. B: 4ud pieza ligadura inclinada derechas 0,60 cm. B1: 3ud pieza ligadura inclinada izquierdas 0,60 cm. C: 8ud pieza ligadura inclinada de cierre a secundaria 0,60. D: 2ud pieza ligadura entre clave principal y secundaria. E: 2ud clave secundaria de cuadral/diagonal. F: 4ud arco diagonal hasta arranque de jarja. G 2ud piezas para completar las jarjas de segunda hilada faltantes. Fuente: elaboración propia.

Fases de obra

La intervención se llevó a cabo entre los meses X e Y de 2016. Las fases en las que se desarrolló el trabajo fueron las siguientes:

A. Recogida, catalogación y limpieza de todas las dovelas y claves que existían en la escombrera del monasterio. Se recogieron claves suficientes para terminar las tres bóvedas, y también dovelas de diferentes secciones y radios. La catalogación de las piezas tuvo, desde el primer momento, la intención de clasificarlas por tipologías constructivas y asociarlas a posiciones específicas (formeros, cruceros, terceletes, perpiaños) para poder reutilizarlas en la reconstrucción posterior.
B. Levantamiento geométrico de la superficie mediante triangulación, con la intención de conocer la geometría original y en especial los radios de las diferentes nervaduras. La precisión de este tipo de medición es fundamental para que la catalogación previa pueda ser de utilidad práctica en la reconstrucción.
C. Identificación y localización de la ubicación de las dovelas y las claves necesarias para la reconstrucción de las bóvedas.
D. Construcción de los camones de las nervaduras. Dada la complejidad geométrica de las bóvedas estrelladas y la forma romboidal de la planta en la que se insertan se emplearon camones específicos para cada nervadura (figura 6). Se construyeron con madera, y fueron diseñados para alojar las dovelas en caja, al modo tradicional.
E. Instalación de grúas de brazo telescópico, diseñadas específicamente para la colocación de la cantería.
F. Presentado de las dovelas en la posición en la que se estimaba que podían estar colocadas (figura 7), a efectos de comprobar la factibilidad del aparejo teórico estimado en las proyecciones realizadas durante la identificación de las dovelas.



Figura 6
Camones para las nervaduras, ya instalados. Fotografía: Carlos Martín.

G. Estudio de los empujes que va a sufrir la bóveda una vez descimbrada. Tras esta comprobación se concluye que volverán a producirse problemas de empuje lateral no contrarrestado (debido a la ausencia del resto de las bóvedas laterales del claustro, que serían, en el esquema tradicional, las encargadas de recoger los empujes de las reconstruidas) por lo que se hace necesario un procedimiento de atado de las bóvedas.
H. Diseño de la estructura de varilla de fibra de vidrio para el cosido de las nuevas nervaduras a la estructura original para evitar problemas de empuje. Para evitar la rigidización de la nervadura completa, sólo se emplean morteros de resina epoxidica (figura 8) de dos componentes en la conexión de las dovelas con las claves; en las conexiones de dovela con dovela se ha empleado exclusivamente varilla de fibra de vidrio sin relleno, rejuntado las piezas con mortero de cal. De esta forma se garantiza que el sistema sigue funcionando a compresión y que es tan deformable como lo era el sistema original, evitando generar problemas de empuje lateral.
I. Desmontaje de dovelas y claves para la inserción de la red de varilla de fibra, y posterior taladrado de las dovelas y claves mediante taladro de 10 mm para la inserción de la varilla de 8 mm.
J. Instalación de las dovelas y el varillaje, y tapado de juntas entre dovelas para la inyección



Figura 7.
Presentado de las dovelas en posición estimada. Fotografía: Carlos Martín.



Figura 8
Proceso de colocación de las dovelas y armado mediante fibra de vidrio. Fotografía: Carlos Martín.



Figura 9
Vertido de morteros y resinas en juntas y taladros. Fotografía: Carlos Martín.



Figura 10
Construcción de los nuevos plementos mediante bóvedas tabicadas. Fotografía: Carlos Martín.

de resina en la conexión con las claves y mortero de cal aérea entre dovelas (figura 9). Tras este tapado se produce el vertido de las resinas mediante inyección en la conexión con las claves.

K. Descimbrado parcial de las nervaduras para posibilitar la construcción de la plementería.
L. Construcción de la plementería mediante bóvedas tabicadas de dos roscas con ladrillo de tejar de 12x24x4 (figura 10). La primera rosca se construye con aparejo recto; la segunda, al biés. La trasera de las dos roscas se remata con una capa de mortero de cal.
M. Cierre de los hastiales mediante mampuesto de piedra reutilizada, y relleno de hombros (figura 11) hasta la altura estipulada mediante material de recuperación.
N. Descimbrado completo del conjunto.
O. Rejuntado y limpieza del intradós de las bóvedas y nervaduras.



Figura 11
Cierre de los plementos previo al vertido de los rellenos. Fotografía: Carlos Martín.

P. Ejecución de una capa de mortero impermeabilizante de 8 -10 cm. e instalación de lámina impermeabilizante EPDM sobre el conjunto. So-

bre esta lámina está previsto que se ejecute, en restauraciones posteriores, un acabado coherente con la estética del edificio.

Conclusiones

La intervención descrita en los apartados anteriores (figuras 12A, 12B, 13A y 13B) conseguirá proteger y conservar la zona del claustro afectada. Sin embargo, esta es sólo una acción puntual, una cirugía de emergencia; para preservar el legado arquitectónico del monasterio de Santa María de Valdeiglesias son necesarias operaciones de mayor calado.

La degradación originada por los antiguos procesos de abandono y saqueo que arrancan tras la desamortización se ha visto aumentada, durante el siglo XX, por la elevada humedad originada por el cercano pantano de San Juan. Detener esta degradación es posible con técnicas actuales. Es nuestra obligación preservar el legado cultural de un edificio de la importancia arquitectónica del monasterio de Santa María de Valdeiglesias: el esfuerzo realizado por Mariano García Benito (García 2010), que logró ralentizar, en alguna medida, la ruina del conjunto, necesita de un refuerzo que permita garantizar la supervivencia del edificio para que pueda seguir siendo estudiado y disfrutado en el futuro.



Figura 13
Vista general de las bóvedas terminadas. Fuente: elaboración propia.

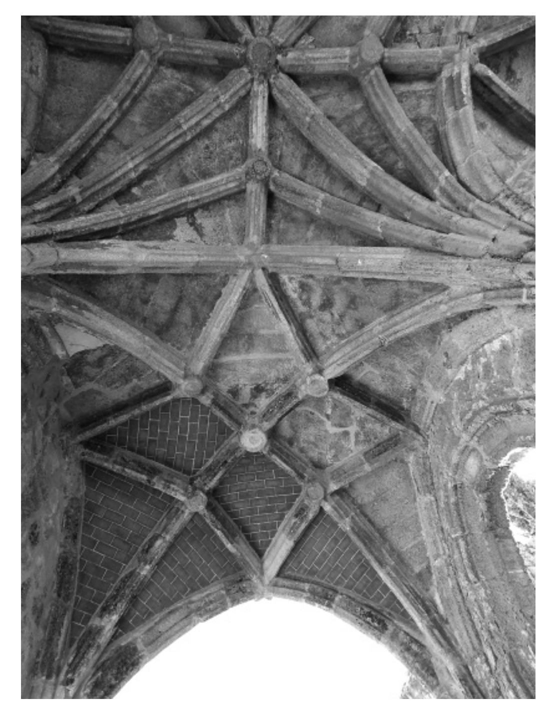


Figura 12
Vista general de las bóvedas terminadas. Fotografía: Carlos Martín.

Lista de Referencias

Bango, I. et al. 1998. *Monjes y monasterios: el Císter en el medioevo de Castilla y León.* Valladolid: Junta de Castilla y León.

Díaz, I.; Garín, A; y Lemus, L. 2005. «Estudio histórico-arquitectónico del monasterio de Santa María de Valdeiglesias». En *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. 1: 329–339. Instituto Juan de Herrera, Madrid.

Garcia Benito, M. 2002. *El Monasterio de Santa María la Real de Valdeiglesias. Su arquitectura recogida en los planos del arquitecto Mariano García Benito*. Madrid. Ediciones Cuatro Calles.

García Benito, M. 2010. «Monasterio de Santa María la Real de Valdeiglesias: con El Paular y El Escorial, la gran tríada». En *Ilustración de Madrid* 17: 65–74.

González-Palacio Martínez, A. 1973. *El Monasterio de Santa María de Valdeiglesias*. Madrid. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Filosofía y Letras.

Merino de Cáceres, J.M. 2000. *Plan Director. Proyecto básico de restauración integral. Iglesia del ex-monasterio de Santa María de Palazuelos*. Madrid. Instituto Juan de Herrera.

Merino de Cáceres, J.M. 2003. *El Monasterio de Santa María de Sacramenia*. Segovia. Real Academia de Historia y Arte de San Quirce.

Navascués Palacio, P. 2000. *Monasterios en España*. Barcelona. Lunwerg.

Rodríguez-Martín, M. 1986. El Monasterio de Santa María de Valdeiglesias y su abadengo medieval. En *Cuadernos de Historia y Arte*, Madrid, 6: 7–30.

Tejela Juez, J. 1990. «Un monasterio olvidado: Santa María de Valdeiglesias». Tesis doctoral inédita. Universidad Politécnica de Madrid.

El sistema fortificado de la isla Terceira (Azores, Portugal): notas sobre poliorcética y construcción

Ignacio Javier Gil Crespo

Cuando en la batalla de Alcazarquivir fallece el rey don Sebastián en 1578 se produce una crisis dinástica en Portugal. Hay varios pretendientes al trono, entre ellos don António, el prior de Crato, y Felipe II de España, ambos con lazos familiares con el difunto. Tras una rápida y efectiva campaña militar liderada por el duque de Alba, Felipe II es coronado rey en Lisboa en 1581. Sin embargo, el prior Antonio se refugia en las Azores y luego huye a Inglaterra. La escuadra de Galicia de Pedro Valdés, que tenía por misión controlar a los corsarios y acompañar a la flota de Indias, llega a São Miguel y tras conocer que en Terceira se están armando los partidarios de don António, efectúa un desembarco en la bahía de Salga (1581) que se salda con una escandalosa derrota española. El Prior, que ha encontrado apoyos a su causa en la reina madre de Francia Catalina de Médicis, zarpa con la armada francesa (60 buques y 7.000 soldados) capitaneada por el *condottiero* Filippo Strozzi y saquea San Miguel, en 1582. Tiene lugar una batalla naval con las flota española (36 navíos —25 de guerra— y 4.500 hombres) gobernada por don Álvaro de Bazán —vencedor de Lepanto— que resultó con el triunfo español, si bien la isla Terceira continuó rebelde y apoyando a don Antonio. Un año después, en julio de 1583, con 91 naves y unos 11.000 hombres, don Álvaro de Bazán —que recibirá en recompensa por ello el título de Marqués de Santa Cruz— logra desembarcar en la bahía da Mina, donde había un fuerte y varias trincheras, presenta batalla a los franceses, ingleses y portugueses y se hace con el control de Terceira. Tras ella cayeron pronto las islas de San Jorge, Pico y Faial y se logró finalmente el control del archipiélago y de todos los territorios portugueses por parte de Felipe II (Mosquera de Figueroa 1596, 28; Cerezo 1983, Meneses 1983). En esta campaña viajaba el ingeniero Tiburzio Spannocchi que, llamado por la Corona como experto fortificador, había llegado a España en 1580 (Mosquera de Figueroa 1595, 70r-71v) y que haría en 1584 la traza de una fortaleza para la ciudad de Angra (Cámara 1988, 79; Sobradiel 2015, 43–44).

En este imperio global, el control de las comunicaciones y la protección de las vías marítimas se hicieron requisitos indispensables. La isla Terceira se convierte en la principal del archipiélago por dos razones fundamentales (Schaub 2014, 2–3): es la isla que más tiempo resistió la incorporación a España y el puerto de Angra forma una rada idónea para defender los barcos de los frecuentes ataques piráticos (Lima 1983). La isla Terceira, que fue la última en integrarse en la unión de las coronas ibéricas, también fue el último territorio en volver a ser portugués tras la restauración iniciada en 1640: hasta marzo de 1642 no capituló la tropa española del fuerte de San Felipe (Spinola de Melo 1939).

El sistema fortificado costero de la isla Terceira

Los imperios portugués y español construyeron una serie de fuertes por las costas y los puertos que daban

apoyo y defensa a las vías marítimas de comunicación. Ofrecían puntos seguros tanto a las naves (de la Marina o de carga) como a la población insular de los ataques piráticos argelinos, franceses o ingleses habituales en los siglos XVI y XVII. Estos fuertes también actuaban a modo de ciudadela, como es el caso del fuerte de San Felipe (São João Baptista después de la Restauración de 1640–42) en Angra, donde la guarnición española quedaba separada y protegida de la población local.

En el caso de Portugal, se crea la Provedoria das Armadas con sede en Angra. El proveedor tenía la competencia respecto a la defensa, abastecimiento y apoyo a las embarcaciones. Entre 1536 y 1556 se fueron construyendo fortificaciones para garantizar la seguridad de los puertos azoreanos. La corona española también solicitó apoyo a las autoridades del archipiélago dada su importancia para la navegación por el Atlántico (Vieira 2015, 26). El hecho de existir, en fechas tempranas, la figura del proveedor no fue suficiente para definir un sistema defensivo sobre un plano, sino que el sistema fue creciendo conforme a las necesidades sobre las primeras fortificaciones que ya se habían levantado en el siglo XV: el castillo de São Luís en Angra y algunos baluartes y cortinas en Praia, levantados por Antão Martin Homes en 1483 (Perbellini 1971, 14).

Sobre esta primitiva fortificación se va elaborando un sistema que acabará, entre los siglos XVI y XVII, por cubrir todo el litoral desde São Mateus hasta Praia da Victoria, además del puerto de Biscoitos, esto es: todas las ensenadas y puertos naturales de la isla. Más adelante, en los siglos XVIII y XIX, los ingenieros militares deben refortificar la isla, ya que los recintos eran inadecuados poliorcética y constructivamente y estaban obsoletos (Vieira 1988, 1526–1528).

El principio general del sistema fortificado costero consiste en control, vigilancia y cruce de fuegos, de los puertos, bahías y radas desde fortines y reductos situados en sus litorales e inmediaciones. Algunos de estos fuertes han desaparecido y otros, como Santa Catarina das Mós, están siendo barridos por el mar. Con todo, se conocen sus plantas y secciones, emplazamiento y artillado gracias a los informes de los ingenieros militares de los siglos XVIII y XIX Francisco Xavier Machado (1772) y Damião Freire de

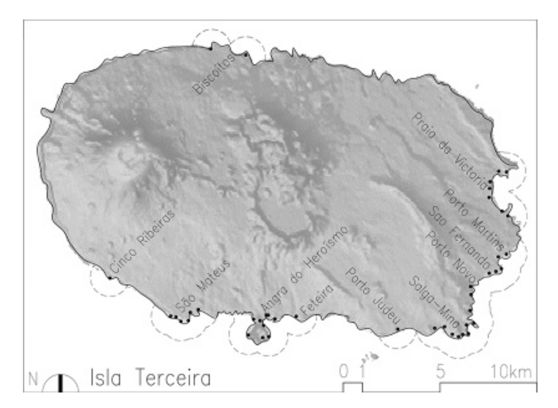


Figura 1.
La isla Terceira y situación de las fortificaciones costeras

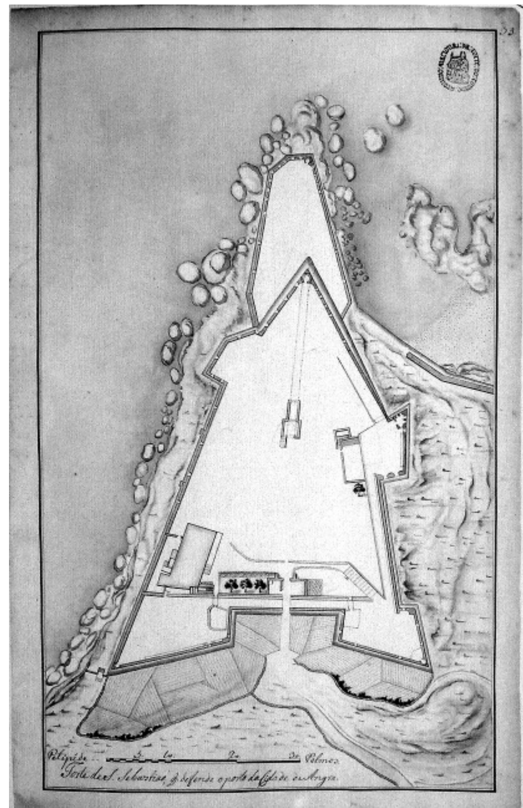


Figura 2.
Planta del castelinho de São Sebastião en Angra do Heroísmo, levantada por el «Capitão de Infantaria com exercicio de Engenharia» Francisco Xavier Machado en 1772 (AN/TT - Min Reino - Maço 612 - Doc 7, fol. 35)

Bettencourt Pego y António Bello d'Almeida Jr. (visita en 1881–1882, informe en 1883, revisiones en 1885–1888). El perímetro de la isla, al menos en sus costas oriental y meridional, queda barrido por esta sucesión de fortines y reductos que controlan los principales fondeaderos.

Estos fuertes son de pequeño tamaño, sus plantas son sencillas y su artillado reducido (los que menos, tres o cuatro; los que más; once o doce piezas de artillería, además de banquetas para armas de mano). La planta es sencilla: además de las meramente topográficas, predominan las formas cuadrangulares o trapezoidales, así como las angulares o abastionadas (Pesqueiro dos Meninos). Sin embargo, no se puede trazar una sistematización tipológica de las plantas porque son todas distintas y adaptadas a la forma del relieve (Rezendes 2010, 3).

En las décadas de 1560 y 1570 se comienza a seguir un sucinto plan de fortificación de las islas de Terceira, São Miguel y Faial. Este plan de defensa lo hizo Bartolomeu Ferraz, quien consideraba que las islas de São Miguel, Terceira, São Jorge, Faial y Pico eran las más expuestas y las más necesitadas de protección. Así, se levantaron los castillos de São Bras en Ponta Delgada, São Sebastião en Angra y un baluarte en Horta (Vieira 1992, 117–119). En origen, estas fortificaciones debían proteger las costas y los puertos de los piratas y corsarios, pero pronto, hacia 1580 se fortifica también contra los españoles. Las bases del sistema quedaron expuestas por el ingeniero Tommaso Benedetto de Pésaro cuando visita la isla en 1567, con el encargo del cardenal don Henrique de estudiar la fortificaciones de los puntos estratégicos por el temor al asalto, tras el perpetrado por los franceses en 1566 en Madeira (Vieira 1992, 115–116).

De sus diseños y recomendaciones se construyeron, hasta 1581–83, buena parte de los reductos que forman la fortificación costera de Terceira, que surge de la decisión del corregidor Ciprião de Figueiredo, que lideró las tropas portuguesas en la batalla de Salga. A principios de la década de 1580 se fortifica, por tanto, la costa entre São Mateus y Praia Victoria con un sistema continuo de fuertes y reductos a lo largo del litoral. El corregidor amplía la fortificación de la bahía de Angra. El *castelinho* de São Sebastião en el Porto das Pipas de Angra no alcanzaba a proteger la bocana del puerto, por lo que decidió levantar, en la falda del Monte Brasil, el fuerte de Santo António, con el fin de cruzar fuegos entre ellos, además de la batería de Porto Novo y el fuerte de Prainha, ya en la ciudad. En São Mateus, en la costa sur, en las bahías de Salga y da Mina, en São Sebastião, en Porto Martins, en Praia (da Victoria) y Biscoitos levanta una sucesión de fortines o modifica lo que ya existía, dejando así la práctica totalidad de la costa barrida por artillería. Entre ellos se abren trincheras (Perbellini 1971, 14–16). El sistema de cerrar los puertos con fuertes parecía funcionar, ya que durante el ataque de Álvaro de Bazán en 1583, Mosquera de Figueroa (1595, 46r) alude al «batir de los fuertes y arremetida».

Los fuertes costeros se ubican por lo general en promontorios rocosos en cabos sobre la línea de costa. Su atacante no es una tropa de infantería sino navíos artillados. Interesa, por lo tanto, tener ventaja topográfica y acercarse lo máximo posible al mar, cerrando con fuegos cruzados las bocanas de los puertos y playas. Este principio fue el enunciado por Tommaso Benedetto. Sin embargo, la principal defensa contra los piratas y la armada española no se realizaba en tierra, sino en el mar: «assim, mais do que uma intervenção por meio do lançamento de um plano de defesa da costa, era imortante defender é limpiar os mares, evitando a permanência desses intrusos; daí a presença de uma armada das ilhas e do artilhamento das embarcações comerciais» (Vieira 1988, 1530).

Los fuertes muestran sus escarpas y abren sus cañoneras hacia el mar. De hecho, hacia el interior están abiertos o tienen muros de mero cerramiento sin función defensiva. En esta espalda es donde se ubican los cuerpos de guardia, alojamientos y edificios



Figura 3.
Fuerte de Negrito, en São Mateus da Calheta

auxiliares. No obstante, hay algunos fuertes con planta abaluartada y con frente hacia tierra, con cuerpo de guardia y de relativamente buena construcción a los que acompañan y cruzan fuego los otros reductos: São Fernando, São Bento, São Sebastião, Prainha (Forte grande de São Mateus) y Negrito.

Este sistema costero se completaba con un sistema de fachos o puestos vigía en las alturas de las montañas y volcanes cercanos a la costa. En la representación de la villa de Angra de 1595 que dibuja el holandés Linschoten se señalan los fachos que se ubicaban en la coronación del Monte Brasil. Estas atalayas o puestos semafóricos funcionaban con banderas de colores durante el día, de manera que un brazo articulado permitía su movimiento y visibilidad. Transmitían la información del avistamiento y acercamiento de navíos. Entre ellos se enviaba la información en cadena (Rezendes 2010, 8). En la narración que hace Mosquera de Figueroa (1595, 55r-56v) del desembarco del 26 de julio de 1583 por parte de las tropas españolas capitaneadas por Álvaro de Bazán se describe el funcionamiento de señales: «y descubiertos los nuestros [los españoles que desembarcaron con sigilo por la noche] por los enemigos [los portugueses de Terceira], hiego hizieron diversas señales, co. ahumadas, y llamaradas de polvora, pidiedo socorro por aquella parte de un cerro, o montaña alta, dode tenian una campana que tañià a gran priessa, y à trechos avia otras que se correspondina pra el mismo efeto**»**.

La defensa de las bahías de Salga y da Mina

Como ejemplo de funcionamiento del sistema fortificado de la costa de Terceira, se realiza a continuación un análisis poliorcético de los fuertes de las bahías de Salga y da Mina y sus alrededores. Estos puertos naturales tienen la gran carga histórica de dos importantes batallas. En la primera se repelió el asalto español de Pedro Valdés en 1581 tomando parte la población e incluso el ganado (es muy conocida la anécdota de la suelta de toros bravos que pilló desprevenidos a los españoles y les causó muchas bajas). En la segunda rada desembarcó Álvaro de Bazán en 1583 y consiguió hacerse con la isla y terminar con la rebeldía hacia la figura de Felipe I (II de España) como rey de Portugal. En estas bahías y su entorno se encuentra un conjunto de fortines que protegen la línea de costa y las ensenadas que se abren. En el análisis de la figura 4 se han considerado los siguientes alcances efectivos, que pecan de conservadores: 100 m para armas de mano como arcabuces y mosquetes y 200–300 m para cañones, si bien su alcance máximo podía superar los 1.300 m (Vigón 1947; Valdés Sánchez 1994; García de Madariaga s.f., 10–11).

En la bahía de Salga hubo dos fuertes, de los que en muy mal estado se conserva **sólo** uno. No es más que un pequeño reducto de mampostería sobre un promontorio rocoso en el fondo de la bahía que cierra la playa por el este. Consta de dos cortinas que apuntan hacia el mar, con dos cañoneras y un cuerpo de guardia. Como indicaba Bettencourt Pego en su informe de 1883, «como fortificação tem pouca importância, pela posição em que está tem muita, porque cruzando os seus fogos com os do forte da Salga, bate com vantagem qualquer desembarque que se intente pela bahia do mesmo nome» (Betterncourt 1996, 94).

El segundo fuerte con el que éste cruza fuegos ha desaparecido, a pesar de haber tenido mayor entidad arquitectónica y defensiva. Tenía cinco bocas



Figura 4.
Análisis de alcances efectivos de arcabuces (100 m, línea discontinua) y cañones (200–300 m, línea continua) y alcances máximos (1.000 m) de los fuertes en el entorno de las bahías de Salga y da Mina

de fuego en tres frentes y contaba con cuerpo de guardia, polvorín, cocina y alojamiento. Pudo ser uno de los fuertes diseñados por Tomasso Benedetto y su construcción debió realizarse entre 1567 y 1581, pues parece que estuvo en funcionamiento en la batalla de Salga del 25 de julio de 1581. En el informe de Bettencourt dice que «teve bastante nas luctas antigas e nas modernas. A sua posição defensiva foi magnificamente escolhida, para obstar a qualquer desembarque na bahia da Salga, o que já teve logar» (Bettercourt 1996, 98). La planta dibuja un trapecio en el que los tres frentes marítimos tienen cañoneras (dos, cuatro, una, en el plano de Machado 1772; una, tres, una, en el plano de Bettencourt 1882) y en la parte trasera se ubican los espacios de servicio. Tenía, al igual que su compañero de bahía, un dominio en altura y un gran murallón de cantería con cordón en la parte superior. La boca de la bahía se cerraba con el fuerte das Cavalas, con planta irregular con varios frentes de cañoneras y una batería alta, además de edificios anexos. Más al este, la bahía de Caninhas se protege por el fuerte de mismo nombre, y enlaza con los fuegos de los tres fuertes de la bahía de Mina.

La bahía da Mina, entre la punta das Contendas y los islotes de Mina fue el lugar elegido por Álvaro de Bazán para desembarcar el 26 de julio de 1583. Ya había algún fuerte en esta ensenada, ya que Mosquera de Figueroa, cuando narra la decisión de desembarcar en la bahía da Mina o das Mós, comenta: «resultò la determinación del Marques en resolverse de acometer por una ensenada que haze el mar . . . a, que llaman Porto das Moas, que aca dezimos de las muelas, y por otro nombre los ancianos llaman el cerro de la contienda, como pronostico del sucesso . . . no avia mas de un fuerte a la mano yzquierda de la trinchea; y el traves del fuerte, por ser la trinchea larga, no podia hazer tanto daño, como en las demas que estavan vistas» (Mosquera de Figueroa 1595, 51r-52v). En el momento del desembarco, indica que «començaron a disparar cañonazos de los fuertes mas cercanos, y trincheas, y quanto los enemigos disparavan, tanto mas los nuestros se les acercavan» (56v), lo que muestra la eficacia del sistema de fuertes cercanos para la protección de la costa (aunque no resultó tan efectiva, porque no impidieron el desembarco).

Este puerto está batido por los fuegos de los fuertes da Greta, de Santa Catarina das Mós y de Bom Jesus. El primero tiene planta alargada apoyado en el cantil, en el que llega a excavar alguna estancia, y frente artillero abierto a la bahía. El segundo, en el centro de la ensenada y con mayor desarrollo tenía nueve cañoneras y una gran plaza de armas. Por último, Bom Jesus se enclava en el istmo que uniría los islotes da Mina con el cabo. Sobre planta trapezoidal, sus ocho cañoneras baten a ambos lados del cabo.

Todos estos fuertes cruzan sus fuegos en distancias de alcance efectivo, esto es: hasta unos 300 m. No obstante, este sistema fortificado continúa la línea de costa hacia Praia Victoria enlazando el alcance máximo (1.000–1.300 m) de los fuegos de varios y sucesivos fuertes. El siguiente es el de Pesqueiro dos Meninos, un fortín de cuatro cañoneras, con planta triangular y buena construcción de sillería de toba.

La defensa de la bahía de Angra do Heroísmo

La villa de Angra alcanza el rango de ciudad en 1543 cuando también se convierte en la sede diocesana de las Azores (Lima 1983, 859) y adquiere gran relevancia como puerto de apoyo y provisión a las flotas de India y a la armada. Por estos motivos, la fortificación del puerto comienza pronto, con las antiguas fortalezas tardomedievales de São Luís (castillo en el interior que dominaba la ciudad), de Portas do Cais, da Prainha y del Porto de Pipas. A lo largo del siglo XVI, esta primitiva fortificación se va sustituyendo y ampliando. En la segunda mitad del siglo se levanta el castillo de São Sebastião ya con planta y concepto abaluartado. Para completar la defensa de la bahía se construyen en las faldas del Monte Brasil los fuertes de Santo António, de São Benedito y de los Dois Paus. Con este conjunto fuertemente artillado quedaba la bahía completamente barrida, por lo que se garantizaba que Angra era un puerto seguro para las armadas de las Indias Orientales y Occidentales que anualmente recalaban aquí (Lima 1983, 868).

Por orden de 4 de julio de 1572 del rey don Sebastián, y hasta antes de 1580, sobre un promontorio que domina el flanco oriental de la bahía, se levantó la fortaleza de São Sebastião siguiendo los principios de la fortificación moderna difundidos por los ingenieros italianos (en este caso por Tommaso Benedetto de Pesaro). Entre los aspectos singulares de esta fortificación destaca la presencia de una batería baja en el baluarte de la bahía, prácticamente a ras de agua. En la memoria sobre las fortificaciones de

Terceira que en 1883 prepara Damião Freire de Bettencourt Pego (Bettencourt 1996, 23–29) se describe este castillo en cuanto a sus aspectos formales, constructivos, defensivos, de conservación, de linderos, económicos, destacando su relación con el castillo del Monte Brasil:

> Foi construido para defender a entrada na bahia de Angra e na costa Léste da mesma, o que passou a desempenhar com mais eficacia construída que foi a linha fortificada que orla a bahia por Oeste, e que pertence ao Castello d'Angra e Monte Brazil, e com parte da qual cruza e combina os seus fogos.

Sin embargo, a pesar de la potente protección de la bahía de Angra, que se completaba con los fortines de Zimbreiro y Fanal (a occidente de Angra), existía el riesgo de un desembarco entre Angra y São Mateus, por lo que Benedetto recomendó fortificar el Monte Brasil en el istmo que lo separa de la isla y la ciudad de Angra para crear un último reducto inexpugnable en la península del Monte Brasil. Esta propuesta fue retomada por los españoles tras la conquista y fue llevada a cabo siguiendo la traza de Tiburzio Spannocchi y Ant**ón** Coll y atendiendo a las instrucciones que, en 1593, dio João da Silva, conde de Portalegre y capitán general de Portugal, en las que quedaba patente la importancia de la artillería en el diseño de las fortificaciones (Cámara 1998, 18 y 112; Salgado Martins 2017, 57).

La construcción de este gran fuerte, de una escala totalmente alejada de lo que hasta ese momento se había construido en la isla, responde al interés de Felipe II de asegurar la defensa de los puertos importantes en la ruta de la Carrera de Indias, que conocía bien el valor estratégico como antes había fortificado Santiago de Cabo Verde con la gran fortaleza de San Felipe, comenzada a construir en 1585 (Matos 1988, 165). A escala de la defensa local, la necesidad de fortificar el Monte Brasil surge de la necesidad de incrementar el cruce de fuegos con el castillo de São Sebastião. Entre 1567 y 1590 van surgiendo fuertes en las faldas del volcán: el primero, el fuerte de Santo António. Este fuerte estuvo artillado con diez baterías con 33 cañoneras, siendo en ese momento «o maior centro de resistência de tôa a Ilha» (Spinola de Melo 1939, 21). En 1592 comienza la obra del castillo de San Felipe (luego y hoy denominada de São João Baptista). Hacia 1597 se ha cerrado el recinto, pero no se finaliza la construcción hasta 1643. Esta gran fortaleza centralizó la defensa del puerto y de la isla, hasta el punto que pronto —en 1609— el resto de fortines y reductos costeros quedaron abandonados de guardia y artillería (Vieira 1988, 1537).

La diferencia conceptual de este fuerte respecto al sistema fortificado de la isla es que no se ofrece sus frentes hacia el mar, sino hacia tierra. Si los fortines costeros baten los puertos ante la entrada de una flota pirata, el castillo del Monte Brasil protege la guarnición de insurrecciones y ataques desde la ciudad de Angra y no tanto desde el puerto.

Consta de un frente abaluartado hacia la ciudad de tres baluartes y dos medios baluartes acompañados por un foso con contraescarpa, camino cubierto y glacis. El glacis impide ver más abajo del cordón y encontrar la entrada. La puerta se ubica entre los baluartes de San Pedro y de Boa Nova y se alcanza por un puente de nueve arcos que finalizaba en un levadizo de madera (sustituido después por un décimo arco). El extenso foso está excavado en la toba volcánica y conserva pozos cuadrangulares de donde se extrajo el material que imposibilitan el movimiento por el lecho. El flanqueo se realiza desde casamatas bajas abiertas en terrazas en la gola abiertas hacia los flancos. Se completaba el conjunto con el alojamiento de tropas (hasta 1.000 hombres con sus familias), polvorines, iglesia y un interesante sistema de captación y almacenamiento de aguas en cisternas.

La traza del fuerte es un ejemplo de la adaptación al lugar de los modelos propuestos por los tratadistas (Cobos 2005, 430 y ss). Las distancias de las cortinas, flancos y caras de los baluartes son bastante coincidentes con las recomendadas por Rojas (1598, 34–35), y los ángulos de los baluartes tienden a ser obtusos, con el fin de mejorar el tiro directo sin interferir en el flanqueante, excepto en el semibaluarte de Santa Catarina, por estar apuntando al mar (Rojas 1598, 74, citado por Cobos 2005, 434).

La fortificación existente en el Monte Brasil quedó unida a la nueva fortaleza mediante cortinas y caminos cubiertos por las laderas oriental y occidental y se construyeron nuevas baterías y fortines. Con todo, el conjunto fortificado defiende la práctica totalidad del perímetro de la península y forma una de las más grandes fortificaciones conocidas. El funcionamiento de estas cortinas es muy práctico ya que había obras en distintos niveles que organizaban el movimiento de tropas y abastecimiento de municiones a lo largo de los aproximadamente dos kilómetros de murallas

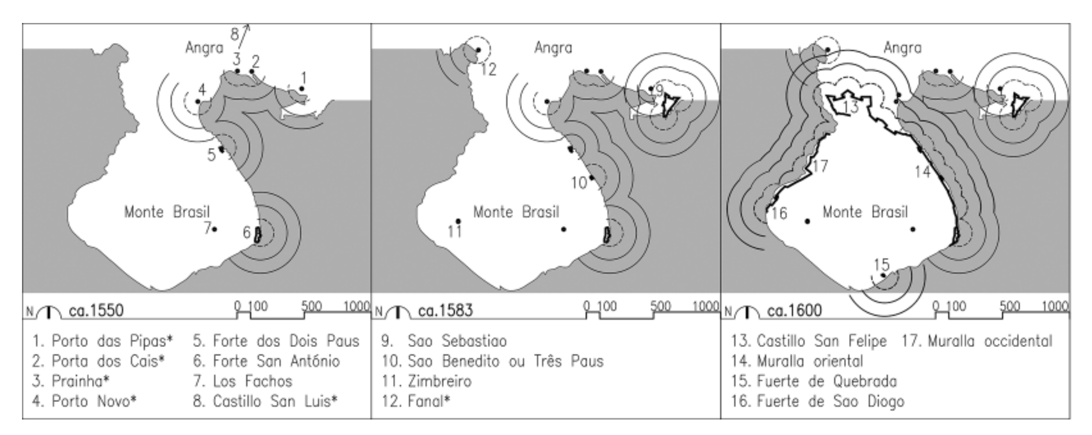


Figura 5.
Análisis gráfico de la defensa de la bahía y puerto de Angra hacia 1550 (a), hacia 1580 (b) y tras la construcción del castillo de San Felipe a finales del quinientos (c); (*): fuerte desaparecido

sobre los cantiles del Monte Brasil (Mendes da Silva, Lopes y Maduro Dias 2016, 490).

La defensa del puerto de Angra ya estaba prácticamente asegurada por los fuertes previos a la construcción del castillo de San Felipe. Éste les refuerza, pero también crea un último reducto en el Monte Brasil y un lugar seguro para la tropa española allí destacada. Su frente más poderoso no ofrece la artillería al mar, sino a tierra: hacia la ciudad. Un análisis más detallado, a una escala cercana (figura 6), constata la cobertura de las líneas de fuego y revela que el correcto trazado de los baluartes garantiza el flanqueo. De esta manera, no quedan apenas zonas ciegas. No obstante, en las rectas capitales de los baluartes de São Pedro y Espíritu Santo se han advertido zonas sin batir por los cañones, al menos en una distancia corta (100 m). Precisamente en estos puntos, aparecen unos revellines en el camino cubierto sobre el foso que refuerzan el artillado. En cualquier caso, quedaba cubierto por el tiro rasante desde otros baluartes. Además, la defensa cercana estaba garantizada por armas de mano como arcabuces y mosquetes, ya que se reservan los morteros y cañones para alcances mayores.

Así como el trazado abaluartado del castillo de São João Baptista asegura un completo alcance en el

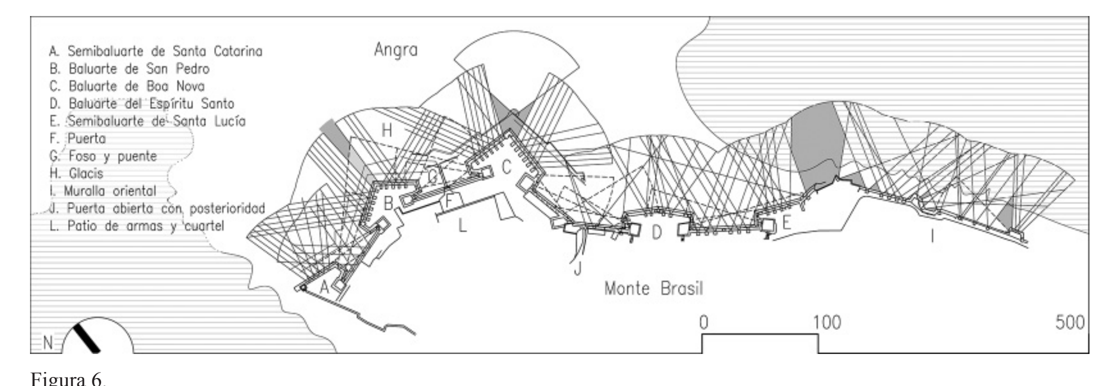


Figura 6.
Análisis gráfico del artillado del castillo de São João Baptista y el arranque de la cortina oriental del Monte de Brasil (redibujado sobre un levantamiento facilitado por la Direcção Regional de Cultura dos Açores). En línea a trazos se representan los planos de fuego de flanqueo

área del glacis y del puerto de Angra, y así como la muralla del Monte Brasil barre el perímetro de la península, en el punto de unión de ambas fortificaciones —castillo y muralla— se advierte un área sin batir por las cañoneras. No obstante, esta zona de sombra sólo queda en la cercanía de la fortificación, por lo que sería batida por armas manuales desde el parapeto de la muralla.

El fuego de flanqueo se realiza en dos niveles. En el flanco del baluarte, en el mismo nivel que la artillería sobre éste, se abre una cañonera. En el flanco retirado, estrechando la gola, se sitúa una casamata abierta en una plaza baja con una boca de fuego para una pieza de menor entidad, como las recomendadas por Rojas (1598, 72). La tronera de la plaza baja barre el flanco de la cortina entre baluartes, mientras que la tronera alta del lateral del baluarte bate el foso por delante del baluarte enfrentado. Esta solución parece derivar del debate que existía entre la presencia de una o dos troneras por nivel y flanco que reseñan los tratadistas del quinientos Escrivá y Rojas (Cobos 2005, 414–418). En el fuerte de San Felipe, sobre la casamata del flanco no se abre tronera, sino que el parapeto es un poco más bajo para permitir el fuego de mosquetes y arcabuces. La tronera del flanco retirado no podía ser embocada por el fuego enemigo a menos que éste se situase dentro del foso. Para entorpecer el movimiento dentro del foso, se dejaron unos

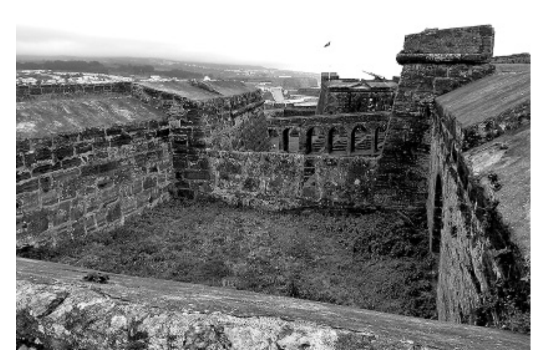


Figura 7.
Castillo de São João Baptista. Vista de la casamata de la plaza baja de flanqueo en el baluarte de São Pedro, el puente y la entrada monumental y el baluarte de Boa Nova. Se aprecia también el lecho del foso con los pozos y, al fondo, la bahía de Angra y el fuerte de São Sebastião

pozos de planta cuadrangular con estrechos andenes entre ellos en la base de los baluartes centrales (San Pedro y Boa Nova) y de las cortinas. En la cortina de la entrada llega a haber hasta cuatro filas de zanjas ocupando todo el espacio entre los flancos de los baluartes citados: cualquier movimiento de tropas y de artillería por el lecho del foso quedaba impedido.

Fundamentos constructivos de los fuertes costeros de Terceira

La calidad constructiva suele ir acompañando a la regularidad geométrica del trazado. Así, los fuertes más sencillos suelen estar levantados con simple mampostería sin carear, mientras que aquéllos con plantas más regulares o de mayor tamaño y artillado, tienen sillares al menos en sus esquinas si no también en las cortinas.

La construcción de un muro de fábrica de piedra de una fortificación adquiere algunos rasgos específicos a nivel técnico. Conceptualmente, se organiza en tres capas: un núcleo de sustentación, una capa de amortiguamiento y un paramento de reventado. Así es como lo recomiendan construir los tratadistas del XVI. Por lo general, las cortinas y bastiones tienen una gruesa capa interior de relleno, bien de tierra o bien de piedra entre estribos internos, que queda todo revestido por una camisa exterior que es la que va a sufrir los impactos. La construcción suele proceder por niveles horizontales que se van enrasando para servir de apoyo y base al siguiente. La altura de estos niveles viene dada por la altura de los sillares de la camisa, que suelen ser de unos 30 cm de altura —un pie—, y en cualquier caso por el tamaño de la mampostería que se va colocando. Es habitual que la camisa tenga un anclaje hacia el interior mediante sillares perpiaños, situados en intervalos más o menos regulares tanto en altura como en el mismo nivel horizontal.

Hasta aquí se ha descrito la construcción de un muro común de una fortificación. Lo específico de los fuertes de Terceira radica en dos aspectos: el material (piedra volcánica) y las acciones mecánicas exteriores naturales (embates del mar y sismos). Esto se concreta en unas técnicas características de anclaje de los paramentos.

La piedra volcánica es la empleada en la construcción, y la argamasa se realiza con un mortero algo

pobre en cal con arena o ceniza volcánica. El basalto tiene la particularidad, debido a que ha vitrificado por un rápido enfriamiento en lugar de cristalizar, de tener una rotura frágil y quebradiza, por lo que es fácil extraer mampuestos pero no tanto sillares. El basalto es lava solidificada y está repleto de alveolos al liberarse el gas disuelto en la lava, por lo que puede llegar a ser bastante ligero. En cambio, la toba o ceniza conglomerada, es más débil a la erosión pero más fácil de cortar e incluso serrar en forma de sillares. Además, presenta una mayor capacidad de amortiguamiento ante los impactos.

El fuerte de São João Baptista en Angra presenta una particularidad muy singular por la que consigue economizar el material, su acarreo y puesta en obra. La falda septentrional del volcán del Monte Brasil es un depósito de toba, o ceniza volcánica conglomerada. En aras de una rápida ejecución, para la extracción de sillares de toba volcánica se fue perfilando la topografía original siguiendo el trazado y perfil de los baluartes y cortinas, de manera que la construcción se desarrollaba mediante un proceso continuado de substracción y adición de material muy sensato, racional y económico. A la vez que se excavaba el foso y se daba una forma previa en el propio terreno, este núcleo se iba revistiendo con sillares de la toba extraída. Es un ejemplo del «pragmatismo en el diseño de fortificaciones que . . . renace en la España de Felipe II» (Cobos 2005, 433). Los tratadistas (Cataneo 1564, Rojas 1598...) recomiendan para construir los terraplenes de una fortificación levantar primero un núcleo de estribos de fábrica con relleno de tierra apelmazada: aquí ese núcleo es la propia roca. En los paramentos de sillería de la fortaleza hay una gran cantidad de marcas de cantería que muestran una enorme cantidad de canteros trabajando.

Aún así, la construcción de muchos fuertes se realiza de manera ordinaria, con materiales pobres y con la particularidad de que en la isla hay carestía de cal (había que importar la piedra del continente) y que la piedra disponible es de origen volcánico. Esta insuficiencia constructiva ha provocado que la acción del mar, de los sismos y del abandono hayan resuelto la ruina y desaparición de muchos de ellos.

La cimentación de los fuertes costeros es prácticamente inexistente: se apoyan sobre la roca que apenas se prepara para recibir el muro. Sobre ella arranca el muro, primero sobre grandes losas que se van escalonando para seguir la forma del relieve y luego sobre mampostería. Los intersticios se enripian. No obstante, si el terreno no es rocoso, se abre una zanja para realizar una cimentación de cascote y cal y canto sobre la que arranca el muro. La didáctica de la ruina provocada por la pérdida de costa arrastrada por el mar en el fuerte de Santa Catarina das Mós deja ver la 'sección' de la cimentación del muro (no defensivo) que cerraba la trasera del fuerte.

Los fuertes azoreanos, además de las necesidades poliorcéticas, deben combatir dos acciones externas: los sismos y la acción del mar. La construcción de

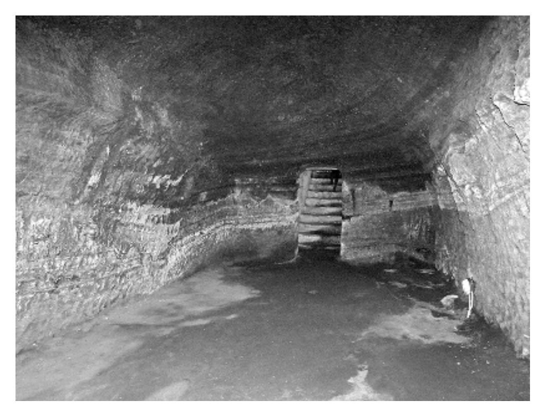


Figura 8.
Pasaje de acceso a un portillo entre la plaza de armas y el foso, excavado en la toba bajo la cortina de la puerta en el castillo de São João Baptista



Figura 9.
Cimentación del fuerte de Santa Catarina das Mós, que ha quedado a la vista por la acción del mar que va erosionando la costa

sus cortinas y baluartes tienen esta especificidad que les hace singulares. Los paramentos de toba se anclan al núcleo de mampostería mediante perpiaños, que son muy abundantes y regulares. Sin embargo, esta técnica habitual alcanza un desarrollo espectacular al hacer estribos internos en la fábrica mediante cremalleras de sillares perpiaños. La regularidad de las capas de mampostería —que se enrasan para ofrecer niveles horizontales— permite que en determinadas zonas, sobre todo cuando la escarpa se apoya en el propio terreno, se incluyan sillares dispuestos en perpendicular al muro y formando una suerte de cremallera en la vertical que refuerzan la fábrica y evitan el deshoje de la camisa a la vez que, quizá, incrementan la capacidad de resistir los sismos. Este aspecto debe ser estudiado con mayor detenimiento. Se ha constatado en el fuerte de Bom Jesus, en la bahía das Mós, y es probable que en Pesqueiro dos Meninos y otros fuertes también se emplease. No obstante, se debe realizar una toma de datos más exhaustiva y comprobar la documentación coetánea y los informes técnicos de los ingenieros militares. Se expone aquí con objeto de reseñarla y abrir el debate sobre su razón constructiva. No deja de ser esta técnica una adaptación de los contrafuertes o estribos interiores de las murallas que proponen varios tratadistas coetáneos: «perche queste due forte di speroni, resistono meglio alle batterie de nimici; perche essa fabrica non è cosi in pericolo di ruinarsi o di reimpire la fossa della fortezza» (Cataneo 1564, 33).

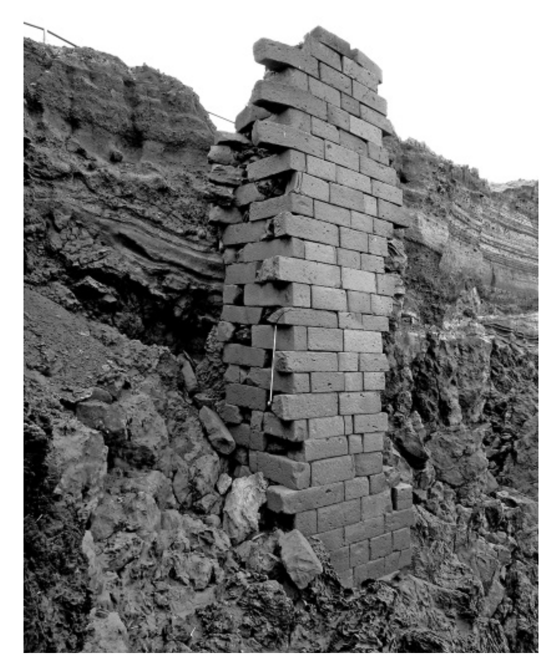


Figura 10.
Cremallera de sillares perpiaños que deja ver la ruina del fuerte de Bom Jesus en la bahía da Mina



Figura 11.
Cortina occidental del fuerte de São Mateus, en el que se aprecia la colocación regular de perpiaños

Aunque la construcción del fuerte se realice con mampostería ordinaria, las partes expuestas y funcionales para la defensa —cordón cuando lo hay, parapetos, cañoneras, esquinas y frentes de baluartes— se tienden a definir con sillares, bien de toba o de basalto. Los sillares de basalto no siempre se carean en los lechos y el frente, pero no en los tizones, de manera que las llagas entre ellos se rellenan de ripios formando un aparejo muy específico y habitual en otras fábricas de piedra volcánica como son los fuertes de las Islas Canarias. Las terrazas y baterías se pavimentan con losas de piedra y se reservan numerosos y bien dimensionados imbornales para desaguar el agua de lluvia y del mar. Esto se repite en casi todos los fuertes costeros.

Conclusiones

Se ha expuesto aquí un primer acercamiento al análisis de las fortificaciones de la isla Terceira en las Azores desde el punto de vista de la defensa y de la construcción. Hasta ahora, los estudios realizados sobre el sistema fortificado de Terceira y, sobre todo, de la fortaleza de São João Batista en Angra han atendido fundamentalmente a los aspectos históricos.

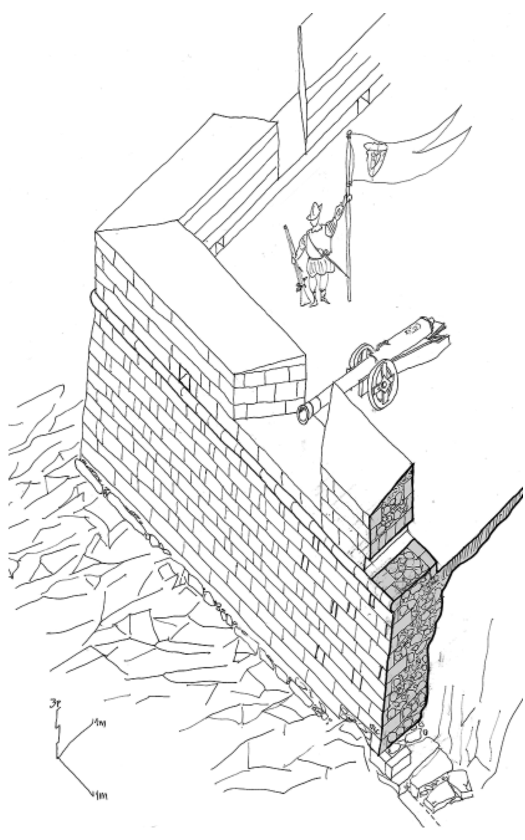


Figura 12.
Axonometría del fuerte de Pesqueiro dos Meninos, donde se aprecia la construcción del muro de sillería con perpiaños, la formación de las cañoneras y los imbornales para

A pesar de que los aspectos defensivos han sido reseñados, no se ha hecho un análisis pormenorizado en el que se explique gráficamente la defensa de cada puerto y el papel de cada fuerte, con sus áreas y líneas de artillería y el cruce de fuegos entre varios fuertes. La relación entre artillería y fortificación es directa a partir del siglo XVI (Cámara 1998).

El sistema fortificado de Terceira queda asentado tras la campaña de fortificación del corregidor Ciprião de Figueiredo de 1581–83, siguiendo las instrucciones del ingeniero italiano Tomasso Benedetto. Sobre esta base, los españoles reforzarán la bahía de Angra con la gran fortaleza de San Felipe (São João Batista) en detrimento de otras fortificaciones. No obstante, tras la Restauración de 1640 (1642 en Terceira), los fuertes costeros siguen teniendo uso e importancia y, de hecho, hay preocupación en los siglos XVIII y XIX por controlar su estado y artillado. Es, por tanto, un sistema vivo que crece y se adapta en el tiempo. En este sentido, este conjunto de fortificaciones, con el fuerte de São João Batista a la cabeza, son una muestra de la adaptación de los modelos y las recomendaciones de los tratadistas al lugar concreto con sus necesidades defensivas y materiales, superando la mera adopción de modelos (Cobos 2005).

Por último, la construcción fortificada tiene una serie de especifidades que tampoco se suelen atender en los estudios clásicos de fortificación. El análisis atento de las técnicas y particularidades de la construcción de los fuertes arroja también información valiosa sobre la adaptación de las recomendaciones de los tratadistas a los materiales vernáculos y, en este caso, a los rasgos característicos del relieve y sustrato litológico: el proceso de sustracción-construcción llevado a cabo en São João Batista es un buen ejemplo de las decisiones técnicas que abaratan la obra en costes, tiempo y material, solventando además cuestiones poliorcéticas como la defensa cercana al impedir el movimiento en el foso dejando los pozos de extracción.

Nota

En octubre de 2016 se celebraron en Madrid las «Segundas Jornadas sobre Historia, Arquitectura y Construcción Fortificada». Entre las comunicaciones presentadas, los profesores Francisco Maduro Dias y Raimundo Mendes da Silva expusieron los aspectos históricos y de conservación de la fortaleza de São João Baptista en el Monte Brasil en Angra do Heroísmo (Terceira, Azores). Estos profesores invitaron al autor de esta comunicación, en marzo de 2017, a visitar y conocer esta fortaleza en el marco de las «Jornadas Científico-Pedagógicas, Açao coletiva de inspecao, reflexao e debate estructurados em torno da promoçao e salvaguarda da Fortaleza de São João Baptista no Monte Brasil» en las que participaron los estudiantes del Mestrado em Reabilitação de Edifícios de la Universidad de Coimbra coordinados por sus profesores en grupos de trabajo que incluían a los estudiantes, arquitectos restauradores, paisajistas, funcionarios y técnicos del Go-

bierno de Azores (Cultura y Turismo) y expertos internacionales, con la colaboración del Laboratorio Regional y Engenharia Civil, junto a la Dirección Regional da Cultura dos Açores, el Regimento de Guarnición nº 1 del Ejército de Portugal y de la Cámara Municipal de Angra do Heroísmo. Allí se constató la importancia de esta gran fortaleza y se tomó el compromiso de colaborar en la investigación y difusión sobre su historia, construcción y poliorcética. Así, se volvió a realizar una estancia más larga, bajo invitación de la Universidad de Coimbra, con el objeto de estudiar no sólo las fortificaciones de Terceira sino de más islas del archipiélago de las Azores. Esta publicación es el primer resultado del proyecto de investigación «Fortified heritage: history, construction, preservation and cultural management. The case of the Spanish-Portuguese fortifications in Azores, Portugal (16–17th centuries)» en el marco de la X Convocatoria de Ayudas a la Movilidad Científica del personal docente e investigador que convoca la Fundación de la Universidad Alfonso X el Sabio a través del Convenio Marco de colaboración con el Grupo Santander. Durante los trabajos de documentación y de toma de datos, se ha contado con la ayuda, el acompañamiento o la conversación de diversos investigadores (historiadores, arqueólogos, arquitectos, militares...) en Terceira, San Miguel, Coimbra y Oporto, a los que el autor agradece la colaboración: Raimundo Mendes da Silva, Francisco Maduro Dias, Lidia Maria Gil Catarino, Nuno Valentim Rodrigues Lopes, Ângelo Regojo dos Santos, Isabel Maria Paulino Soares Branco, Avelino dos Santos, Brigida Pamplona y José Manuel Salgado Martins, entre otros.

Lista de referencias

Bettencourt Pego, Damiao Freire de y António Bello d'Almeida Jr. (comp.) (Faria. 1996. Tombos dos forts da Ilha Terceira. Por: Damiao Freire de Bettencourt Pego e António Bello d'Almeida Jr. *Boletim do Instituto Histórico da Ilha Terceira* 54:9–146.

Cámara Muñoz, Alicia. 1981. La arquitectura militar y los ingenieros de la monarquía española: aspectos de una profesión (1530–1650). *Revista de la Universidad Complutense* 3:255–269.

Cámara Muñoz, Alicia. 1988. Tiburcio Spannocchi, Ingeniero Mayor de los Reinos de España. *Espacio, Tiempo y Forma. UNED* 2:77–91.

Cámara Muñoz, Alicia. 1989. La fortificación de la monarquía de Felipe II. *Espacio, Tiempo y Forma, Serie VIl, Hª del Arte* 2:73–80.

Cámara Muñoz, Alicia. 1993. Murallas para la guerra y para la paz. Imágenes de la ciudad en la España del siglo XVI. *Espacio, Tiempo y Forma, Serie VIl, Hª del Arte* 6:149–174.

Cámara Muñoz, Alicia. 1998. *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*. Madrid: Nerea.

Cámara Muñoz, Alicia. 1999. La ciudad de los ingenieros y la monarquía española: Tiburzio Spannocchi y Giulio Lasso In *L'urbanistica del Cinquecento in Sicilia*, edited by E. Guidoni y A. Casamento. Roma: Kappa.

Cámara Muñoz, Alicia. 2005. La profesión de ingeniero: los ingenieros del rey. In *Técnica e ingenieria en España, el Renacimiento*, edited by M. Silva Suárez. Zaragoza: Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico», Prensas Universitarias de Zaragoza.

Cámara Muñoz, Alicia. 2016. El ingeniero cortesano. Tiburzio Spannocchi, de Siena a Madrid. In *Libros, caminos y días. El viaje del ingeniero*, edited by A. Cámara Muñoz y B. Revuelta Pol. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

Carvalho, Filipe Manuel Nunes de, y Carlos F. Azevedo Agostinho das Neves. 1992. Documentação sobre as fortificações dos Açores. *Boletim do Instituto Histórico da Ilha Terceira* 50:365–462.

Cataneo Novarese, Girolamo. 1564. Opera nuova di fortificare, offendere et difendere; et far gli alloggiamenti campali secondo l'uso di guerra, aggiontovi nel fine, un trattato de gl'essamini de'bombardieri, et di far fuochi arteficiati, cosa molto utile, e dilettevole. Brescia: Battista Bozola.

Cataneo Novarese, Girolamo. 1571. Nuovo ragionamento del fabricare fortezze; si per prattica, come per theorica; que diffusamente si mostra tutto quello ch'à tal scientia si appartiene. Brescia: Francesco et Pietro Maria, fratelli de Marchetti.

Cerezo Martínez, Ricardo. 1983. La conquista de la Isla Tercera, 1583. Desembarco y conquista. *Revista de historia naval* (3):5–46.

Cobos Guerra, Fernando. 2005. La formulación de los principios de la fortificación abaluartada en el siglo XVI. De la Apología de Escrivá (1538) al Tratado de Rojas (1598). In *Técnica e ingeniería en España. 1. El Renacimiento*, edited by M. Silva Suárez. Zaragoza: Real Academia de Ingeniería, Institución Fernando el Católico, Prensas Universitarias de Zaragoza.

Cobos Guerra, Fernando. 2016. Methodology applicable to the graphic analysis of fortification projects. In *Draughtsman engineers serving the Spanish monarchy in the sixteenth to eighteenth centuries*, edited by A. Cámara Muñoz. Segovia: Fundación Juanelo Turriano.

Dias, Maria Helena, ed. 2005. *Cartas, plantas, esboços e projectos. Cartografia militar portuguesa dos séculos*

XVIII-XIX. Ponta Delgada y Angra do Heroísmo (Azores): Comando da Zona Militar dos Açores, Museu Militar dos Açores, Presidência do Governo Regional dos Açores, Direcçao Regional da Cultura, Museu de Angra do Heroísmo.

García de Madariaga, Agustín. s.f. [2016]. *La fortificación abaluartada*. Madrid: Instituto de Historia y Cultura Militar.

Hogg, Ian. 1981. *The History of Fortification*. Nueva York: St. Martin's Press.

Lima, Manuel Coelho Baptista de. 1983. Angra "universal escala do mar do poente" no século XVI. *Boletim do Instituto Histórico da Ilha Terceira* 41:859–875.

Machado, Francisco Xavier. 1772. Revista dos fortes e redutos da Ilha Terceira. Angra do Heroísmo: Região Autónoma dos Açores. Secretaría Regional da Educação e Assuntos Sociais. Gabinete da Zona Classificada de Angra do Heroísmo.

Matos, Artur Teodoro de. 1988. As escalas do Atlântico no século XVI. *Revista da Universidade de Coimbra* 34:157–183.

Meneses, Avelino. 1983. As expedições de D. Pedro de Valdês e D. Lope de Figueroa à Terceira em 1581: objectivos, conflitos e dificuldades. *Boletim do Instituto Histórico da Ilha Terceira* 41:513–542.

Mosquera de Figueroa, Christobal. 1596. *Comentario en breve compendio de disciplina militar, en que se escriue la jornada de las islas de los Açores*. Madrid: Luis Sánchez.

Perbellini, Gianni. 1971. Le fortificazioni delle isole di São Miguel e Terceira nell'arcipelago delle Açores. *Castellum. Rivista dell'Istituto Italiano dei Castelli* 13 (1):5–31.

Rezendes, Sérgio Alberto Fontes. 2010. A fortificação da Idade Moderna nos Açores: o caso específico das Ilhas de São Miguel, Terceira e São Jorge. In *VI Seminário Regional de Cidades Fortificadas e Primeiro Encontro Técnico de Gestores de Fortificações*. Campus da Trindade, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina.

Rojas, Christoval. 1598. Teorica y practica de fortificacion, conforme las medidas y defensas destos tiempos, repartida en tres partes. Madrid: Luis Sánchez.

Salgado Martins, José Manuel. 2017. *Regimiento de Guarnição nº 1. Uma herança gloriosa (séculos XV a XXI)*. Angra do Heroísmo: Estado Maior do Exército.

Schaub, Jean-Frédéric. 2014. *L`Île aux mariés. Les Açores entre deux empires (1583–1642)*, *Essais de la Casa de Velázquez*. Madrid: Casa de Velázquez.

Sobradiel, Pedro I. 2015. *Tiburcio Spanoqui. Ingeniero mayor y arquitecto militar e hidráulico del rey. Aportaciones sobre su trayectoria profesional*. Zaragoza: Institución Fernando el Católico, Excma. Diputación de Zaragoza.

Spinola de Melo, Capitão. 1939. *O castelo de S. João Baptista da Ilha Terceira e a Restauração de 1640*. Angra do Heroísmo: Livraria Andrade.

Thomas, Hugh. 2013. *El señor del mundo. Felipe II y su imperio*. Barcelona: Planeta.

Valdés Sánchez, Aurelio, ed. 1994. *Al pie de los cañones. La artillería española*. Madrid Tabapress.

Vieira, Alberto. 1988. Da poliorcética á fortificação nos Açores. Introdução ao Estudo do sistema defensivo nos Açores nos séc. XVI-XIX. *Boletim do Instituto Histórico da Ilha Terceira* 45:1525–1582.

Vieira, Alberto. 1992. *Portugal y las Islas del Atlantico*. Funchal: Centro de Estudos de História do Atlântico.

Vieira, Alberto. 2015. As ilhas atlânticas (Canárias, Madeira, Açores) como espaços de fronteira. *Cadernos de divulgação do CEHA* 7:2–54.

Vigón, Jorge. 1947. *Historia de la artillería española*. 3 vols. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto Jerónimo Zurita.

La cabaña como arquetipo de la arquitectura maya

Laura Gilabert Sansalvador

En muchas culturas la evolución de la vivienda, y en consecuencia de la arquitectura, ha seguido un proceso largo partiendo de las originarias habitaciones primitivas hasta llegar a modelos arquitectónicos mucho más elaborados.

En la versión compendiada de los Diez Libros de la Arquitectura de Vitruvio, que realizó Claude Perrault en 1674, podemos leer:

> Al modo que los arboles y los peñascos, con que la naturaleza por sí misma dá abrigo á los animales, sirvieron de norma para edificar las primeras Habitaciones, que eran solo de céspedes y troncos quitadas las ramas; asi también estas mismas Habitaciones sirvieron de exemplo para llegar a obras más perfectas: porque pasando de la imitacion de lo natural á la de lo artificial, inventaron todos los Ornatos de los mas primorosos Edificios, dandoles la forma de las cosas simplemente necesarias á las Fabricas mas naturales: de modo que la Carpinteria de que se hacen los Suelos y Techos de las Casas fue el origen de las Columnas, Arquitraves, Frisos, Triglifos, Modillones, Cornisas y Frontispicios que se hacen de piedra ó de marmol. (Perrault [1674] 1981, 14–15).

Lo que nos trasmite es la idea de que las cabañas primitivas fueron el modelo para la evolución hacia una arquitectura más culta y elaborada y con materiales más nobles. August Choisy a finales del siglo XIX, en su *Histoire de l'Architecture* nos muestra una ilustración comparativa entre el orden dórico y las construcciones hechas de madera, queriendo así demostrar la procedencia de las formas clásicas de los órdenes de una arquitectura más primitiva y de materiales distintos (figura 1).

Si esto lo consideramos referido a la arquitectura clásica grecorromana, quizás podamos intuir que, en el caso de la arquitectura maya, de una larga trayectoria y evolución, a la par que de una gran riqueza formal y constructiva, podamos encontrar un parangón entre su arquitectura vernácula y los ejemplos más brillantes de su arquitectura palaciega del período Clásico Tardío.

La casa tradicional maya

La choza maya es una pequeña unidad habitacional que aún se puede encontrar en algunas zonas de la península de Yucatán, Chiapas o Guatemala. Apoyada sobre una plataforma de mampostería, se construye con paredes de madera y barro y cubierta de hojas de palma colocadas sobre un armazón de madera, siendo un espacio muy adecuado para el clima tropical y de rápida autoconstrucción con materiales disponibles en el entorno (figura 2).

Esta tipología de vivienda vernácula constituye un legado de los antiguos mayas que aún sigue vigente en los mayas de hoy y que forma parte de su identidad cultural. Además, es un elemento cargado de simbología y significado, pues la casa estuvo relacionada con su cosmovisión y en ella quedan plasmados sus conocimientos del entorno y de la orientación, así como el aprovechamiento de las condiciones climáticas.

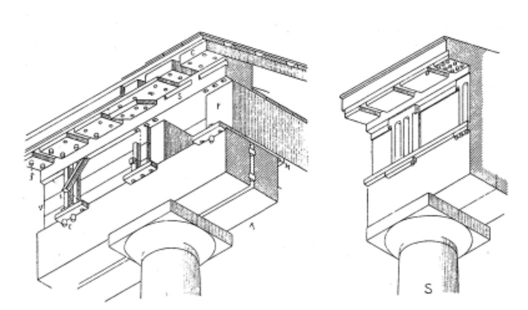


Figura 1
Origen del orden dórico como trasposición de los elementos constructivos de madera según Choisy (1899, 1: 288).

La casa maya originaria tiene dos puertas enfrentadas, una orientada a oriente y otra a poniente (figura 3). Normalmente se construye trazando en el suelo un cuadrado de 4 m, midiendo con una cuerda a partir del pilar maestro (*noh-ocom* en maya yucateco), el primero de los cuatro soportes verticales de madera que se hincan aproximadamente 1 m en la tierra.[1] Los cuatro soportes representan a los *bakab,* cuatro hombres de madera que según el Popol Vuh y la cosmovisión maya sobrevivieron al diluvio y sostenían el firmamento desde los cuatro puntos cardinales (Rivas Gutiérrez 2012, 72). Sobre los *ocom* y a unos 2 m de altura, usando medidas antropométricas, se sitúan cuatro vigas horizontales formando un cuadrado: los *balo* en los lados norte y sur, y los *pach-nah* («espaldas de la casa») en el este y en el oeste. Desde los centros de los lados norte y sur se trazan en el suelo dos circunferencias de 2 m de radio que, lógicamente, resultan tangentes y que marcan los ábsides de la casa, denominados *moy*.



Figura 2
Casa maya actual en Santa Elena (Yucatán, México).

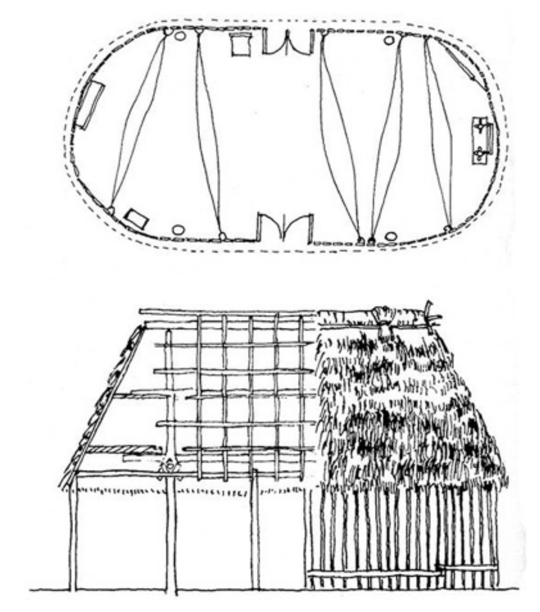


Figura 3
Planta y sección-alzado de una casa maya tipo (López Morales 1987).

Una vez trazada la forma, se construye un rodapié perimetral de mampostería para proteger la estructura de la humedad, sobre el cual apoyará un empalizado vertical (*colox-che'*) en el que se intercala el *pakluum* o embarro, una mezcla de tierra, agua y fibras vegetales (Sánchez Suárez 2006, 89–90). Este sistema, conocido como bajareque, se deja secar unos 20 días y posteriormente se encala, interior y exteriormente (figura 4).

La cubierta a dos aguas se construye sobre una estructura de madera sustentada por pares de una longitud de 4 m, que generan un triángulo equilátero con las vigas horizontales. Sobre las dos tijeras y en la dirección norte-sur apoya la cumbrera o *holnah-che'* (Sánchez Suárez 2006, 89–90), sobre la que cargan los largueros, que se colocan equidistantes alrededor de todo el perímetro ovalado. A estos largueros se



Figura 4
Detalle de un muro de bajareque.

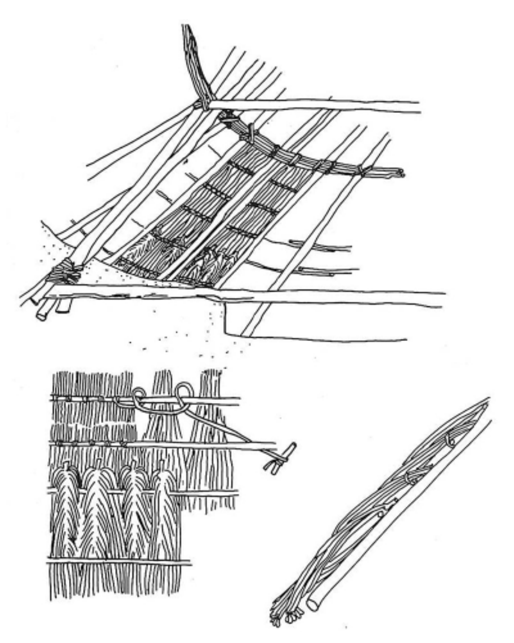


Figura 5
Colocación de las hojas de guano en la estructura de madera (López Morales 1987).

amarra el emparrillado horizontal, que sostiene las hojas de palma. Tradicionalmente las uniones se realizaban con bejucos, aunque en la actualidad a veces se usa alambre de amarre.

El tipo de hoja más utilizado es el de la palma de guano, que se coloca formando un trenzado con los travesaños de madera (Figuras 5 y 6). Las hojas se colocan de abajo a arriba, resultando el techo más duradero cuanto mayor es la superposición entre filas. También se utiliza la hoja de corozo, que alcanza hasta los 10 m de longitud (Muñoz Cosme 2006, 62) y se coloca atada longitudinalmente a los travesaños horizontales de madera.[2]

En cualquier caso, la pronunciada pendiente de los faldones, de más de 60º sobre la horizontal, garantiza la evacuación rápida del agua de las fuertes lluvias características del clima tropical. El espacio interior resulta con forma de V invertida y con una altura de unos 5,20 m, lo que permite que se genere una reserva de aire en la parte superior del habitáculo que refresca el ambiente (Muñoz Cosme 2006, 63). Este sistema junto con la ventilación cruzada que generan las dos puertas enfrentadas, hacen que esta vivienda sea muy adecuada en zonas de intenso calor. Además, existe la tradición popular de refugiarse en las zonas absidiales o *moy* para protegerse durante los huracanes característicos de la zona.



Figura 6
Tejido de las hojas de guano visto desde el interior de la vivienda.

Aunque se construye con materiales perecederos, esta vivienda puede tener una durabilidad de más de 50 años, si bien es necesario realizar un mantenimiento frecuente del encalado del bajareque y de la cubierta de palma, con reposiciones de hojas y protección frente al ataque de insectos xilófagos.

Las proporciones y el sistema constructivo de esta vivienda vernácula han permanecido prácticamente invariables desde las épocas más tempranas de la civilización maya. En las antiguas ciudades de las Tierras Bajas, rodeando el área central en donde vivía la élite en monumentales palacios de piedra, se expandían grandes superficies de grupos habitacionales, que en la actualidad han podido registrarse por la permanencia de las plataformas donde asentaban las chozas perecederas. Además de las huellas de las viviendas, se han hallado abundantes restos de cultura material asociados a la vida cotidiana de sus habitantes: vasijas y platos cerámicos, utensilios líticos como manos de moler o agujas de hueso para tejer.

Las evidencias arqueológicas de antiguas casas mayas se remontan al período Preclásico en sitios como Cuello, Kaminaljuyú o El Mirador (Sharer 1998, 92, 107, 125). En el sitio arqueológico de Uaxactún (Guatemala), durante las excavaciones realizadas por la Carnegie Institution of Washington en el complejo palaciego A-V, se halló una plataforma oval de 80 cm de altura y dimensiones de 7,30 m de largo y 4,50 m de ancho, con las huellas de cuatro postes situados formando un rectángulo de 3,35 x 2,5 m (Smith 1950, 18–19). Estos restos de una choza primitiva se han fechado en el período Clásico Temprano (250–500 d. C.), lo que demuestra la continuidad en el tiempo de esta tipología arquitectónica (figura 7).

Otra muestra de la existencia de esta tipología en los tiempos antiguos se halla en los grafitos, representaciones incisas en los estucos de los muros que estuvieron al margen del arte oficial, pero que aportan datos muy interesantes sobre la vida cotidiana (Vidal Lorenzo y Muñoz Cosme 2009).

Con el tiempo, esta vivienda tradicional ha sufrido algunas variaciones. La ampliación del tamaño pudo deberse, según algunos autores, a la incorporación de la hamaca en el siglo XVII, originaria del Caribe (Baños Ramírez 2009, 4–5), y seguramente también a las necesidades de los usuarios en cada caso (Figura 8). Otros cambios más recientes han sido la utilización de alambre y elementos metálicos como clavos para las uniones, la apertura de ventanas y, hasta incluso, la sustitución parcial o total de la hoja de palma por lámina metálica, lo que merma considerablemente las cualidades climáticas de la vivienda.

Los palacios en la arquitectura monumental del período Clásico

A partir del 600 a.C. surgieron un gran número de ciudades en todo el territorio de las Tierras Bajas

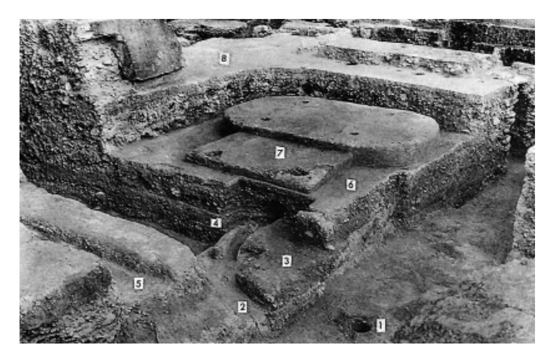


Figura 7
Plataforma con las huellas de los cuatro postes de una choza hallada durante la investigación arqueológica de la Estructura A-V de Uaxactún, Guatemala (Smith 1950).



Figura 8
Interior de una casa maya actual en Santa Elena (Yucatán).

Mayas, entre las que destacaron grandes urbes como El Mirador, Tikal, Naranjo o Calakmul en las Tierras Bajas del Sur; Palenque en la zona orográfica de transición; y Uxmal, Chichén Itzá, Cobá o Mayapán en la zona norte de la península de Yucatán. Tikal, situada en el corazón de la selva de Petén, alcanzó su máximo esplendor con el reinado de *Jasaw Chan K'awiil* a principios del siglo VIII d.C. y llegó a tener unos 90.000 habitantes y una extensión aproximada de 120 km^2 (Vidal Lorenzo y Muñoz Cosme 2012, 22).

En los centros de estas grandes urbes se construyó la monumental arquitectura que ha llegado hasta nosotros y que empezó a investigarse en el siglo XIX, pues había quedado sepultada por la selva tras el abandono de las ciudades a partir del siglo IX. En los centros de estas ciudades y en diferentes grupos unidos por majestuosas calzadas, se levantaron grandes templos de carácter ceremonial y acrópolis palaciegas en donde residía la élite.

Los mayas construían grandes basamentos macizos mediante el sistema celular o de encajuelado.[3] En las épocas más tempranas situaban sobre estas plataformas habitáculos de materiales perecederos que, por razones obvias, no se han conservado. También se tiene evidencia de edificios de muros de piedra que fueron rematados con cubiertas de madera y hoja de palma (Muñoz Cosme 2006, 89). Ya en el período Clásico (250–1000 d.C.) y con el auge urbano y constructivo, la gran mayoría de los templos y palacios se cubrieron con bóvedas de piedra, utilizando la tecnología constructiva de aproximación de hiladas horizontales. Los mayas emplearon y desarrollaron esta técnica de forma ininterrumpida durante más de 1000 años y en todo el territorio de las Tierras Bajas, siendo la piedra caliza el material utilizado habitualmente.

Debido a las limitaciones estructurales de este sistema constructivo, la tipología edilicia de palacio maya se caracteriza por agrupar estancias estrechas y largas en varias crujías paralelas, y a veces también dispuestas ortogonalmente. Los espacios interiores que se generan tienen generalmente luces de 2 m o menos, aunque en algunas zonas superan los 3 m. Por encima de la altura de los dinteles de las puertas arranca la bóveda, con un ligero voladizo de la primera dovela que rompe la verticalidad de los muros y genera la línea de impostas.

La altura de estos espacios interiores es muy variable. Suelen ser cuartos frescos, húmedos y oscuros, pues salvo en casos singulares, en la arquitectura maya no abundan las ventanas. El interior de las estancias, con majestuosas banquetas, estuvo totalmente estucado y pintado de colores vivos como el rojo, a veces decorado con pinturas murales, de las cuales se conservan pocos ejemplos debido a las condiciones del clima tropical.

La gran mayoría de las bóvedas son de sección recta o cóncava, aunque también las hay de otras formas. Los extremos se cierran con dos testeros que a veces son muros verticales pero que, en los casos de mayor perfección constructiva como en la arquitectura de Petén o en la más tardía del puuc, son planos con una ligera inclinación hacia el interior que seguramente responde a razones meramente estéticas.

En las épocas más tempranas las bóvedas se construían con grandes piedras toscas sin labra, lo que generaba formas irregulares y requería de gruesas capas de estuco para regularizar la superficie del intradós. Poco a poco fueron perfeccionando el sistema hasta llegar a dovelas perfectamente talladas y especializadas como las de la arquitectura clásica de Petén, logrando un intradós perfectamente recto. En el norte de la península de Yucatán, la evolución del sistema se basó en la optimización del uso de la piedra y la mejora de la resistencia de los rellenos. Así, en el puuc lograron reducir al máximo la dovela hasta convertirla en un revestimiento del relleno. La gran mayoría de las bóvedas de esta área son de sección cóncava, casi semicircular en algunos casos. Sin embargo, en las soluciones más avanzadas y perfeccionadas como en el sitio de Uxmal, lograron también la sección recta, como si buscaran, de alguna forma, reproducir el espacio interior de la amable casa tradicional con cubierta de hoja de palma (figura 9).

Referencias a la casa maya en la arquitectura monumental

En la arquitectura palaciega maya existen numerosas referencias a la vivienda primitiva, no sólo en la búsqueda del parecido formal de los espacios interiores, sino también en la utilización de motivos iconográficos que remiten a elementos de la construcción vegetal y hasta en la representación de la propia choza en las fachadas de los palacios, como símbolo y objeto de culto.

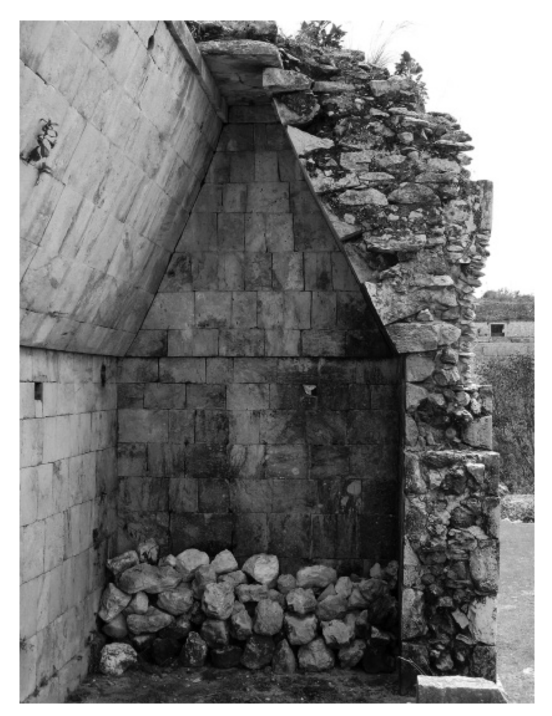


Figura 9
Casa de las Tortugas de Uxmal (Yucatán).

En el espacio interior

Para describir las construcciones de fábrica y las características de la bóveda maya, varios autores hacen referencia a «la petrificación de una forma preexistente» (Stierlin 1964, 96), refiriéndose a la trasposición de la forma de la cubierta a dos aguas de la choza a la bóveda de lados inclinados.

En cuanto a las dimensiones, la tecnología constructiva por aproximación de hiladas limita las luces de los cuartos abovedados, que difícilmente alcanzan la luz de 4 m que puede tener una choza actual.[4] La proporción entre la altura total hasta la tapa y la altura de la línea de impostas es variable en la muestra de bóvedas mayas registradas.[5] En la choza descrita anteriormente, basada en las que se construyen en la actualidad, esta proporción sería de aproximadamente 0,4, siendo de 2 m el muro vertical y 5–5,20 m la altura total hasta la cumbrera. Sin embargo, difícilmente la métrica de las chozas actuales sea como la de las antiguas, pues éstas se tomarían con referencias antropométricas, y hoy en día se usa el Sistema Métrico Internacional. Además, varios autores apuntan que la incorporación de la hamaca como elemento común del mobiliario modificó las medidas y la organización de la casa maya (Baños Ramírez 2009).

Principalmente, el espacio interior de una bóveda recuerda a la casa por la forma de su sección transversal, especialmente cuando tiene forma recta (figura 10). La inclinación de las bóvedas en la arquitectura de Petén suele estar entre los 60 y 65º sobre la horizontal, un valor muy similar a la pendiente de las cubiertas de guano. Mientras en la cabaña se busca esta inclinación para la correcta evacuación del agua de lluvia, las cubiertas de los palacios son planas y el problema del agua se resuelve de otra manera. Los constructores mayas, en su empeño de reproducir en piedra el espacio interior de la casa, debieron ensayar la tecnología de aproximación de hiladas para lograr esta inclinación, y diseñar estructuralmente la masa de relleno que necesitaban para contrapesar las dovelas.

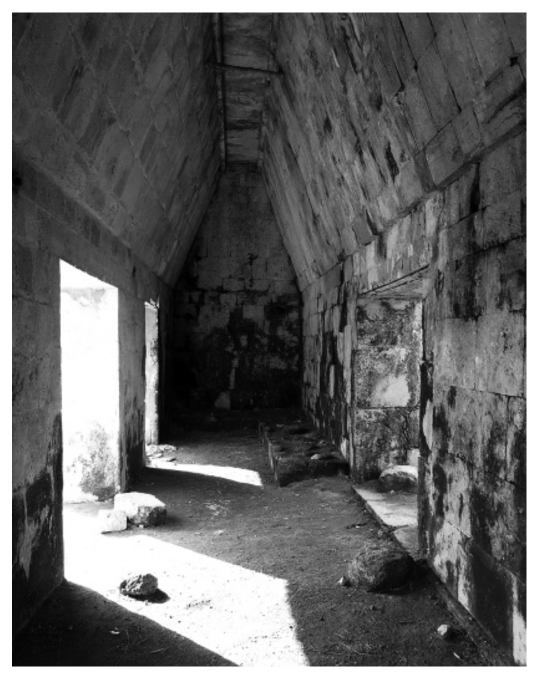


Figura 10
Interior de una de las estancias de la Casa de las Tortugas de Uxmal (Yucatán).

Un detalle constructivo que se mantiene invariable en todos los estilos y épocas es el voladizo de arranque de la bóveda, que recorre todo el perímetro interior de las estancias. Se trata de un recurso constructivo que además podría ser un guiño al cambio de plano y de material que se da en la coronación del muro de bajareque de la choza.

Como se ha indicado anteriormente, la inclinación de los testeros también podría ser un recurso para la imitación del espacio doméstico, aunque en éste el cierre es semicircular. A veces, en las bóvedas, normalmente de planta rectangular, los dos lados cortos se construyen con dovelas y con una inclinación similar a las semibóvedas. Sin embargo, en épocas más tardías, los testeros son construidos como muros, con sillares y llaves y, aun así, presentan una ligera inclinación, de entre 80 y 85º en el área de Petén (Gilabert Sansalvador y Muñoz Cosme 2015).

Uno de los elementos del espacio interior de los palacios que visualmente más recuerda al de la cubierta vegetal son los morillos, unos travesaños de madera dispuestos al tresbolillo que recorren la bóveda de lado a lado. En la mayoría de los casos no se han conservado y tenemos constancia de ellos por los huecos donde se empotraban. Seguramente, los morillos se utilizaban como sistema auxiliar durante la construcción y posteriormente formarían parte del mobiliario de la estancia y servirían para colgar cortinajes, tal y como vemos en las escenas palaciegas representadas en las vasijas. En los casos en que permanecen, como en el Palacio de los Cinco Pisos de Tikal, nos recuerdan a los travesaños horizontales que se colocan en la mitad de la altura de las tijeras de la cabaña y ayudan a dar rigidez a la estructura de madera (figura 11).

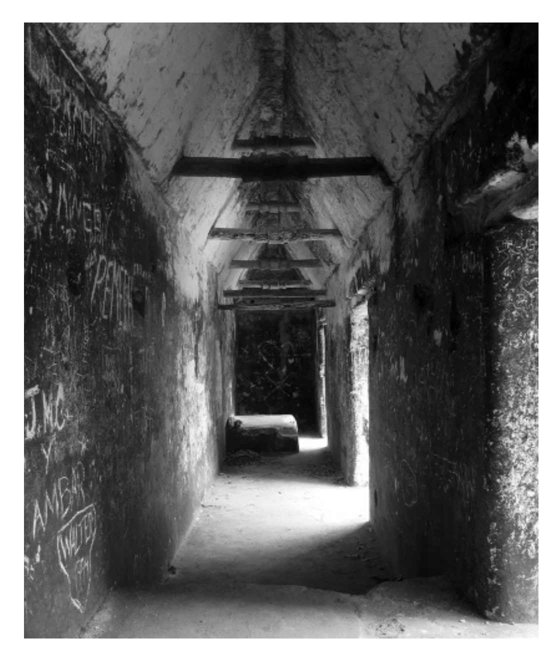


Figura 11
Vista interior de uno de los cuartos del Palacio de los Cinco Pisos de Tikal (Petén, Guatemala).

En las fachadas

En las fachadas de los edificios, las referencias a la casa maya son de carácter iconográfico y se dan sobre todo en la arquitectura puuc, conocida precisamente por la profusa decoración de los frisos con mosaicos de piedra tallada.

Un primer tipo son los motivos decorativos que aluden a elementos constructivos de la casa de madera y palma. El ejemplo más claro son los junquillos, unos cilindros de piedra que recuerdan al empalizado vertical del bajareque, y se han utilizado en multitud de edificios para decorar tanto el friso como la parte inferior de la fachada. Tanto es así, que se le ha denominado «estilo Junquillo» a un subtipo de la arquitectura Puuc Clásica, correspondiente al período 700–900 d.C. (Andrews 1986, 88). Los junquillos están tallados en piedra caliza y tienen un volumen desbastado en su parte posterior para anclarse al relleno. A veces se intercalan con unos tamborcillos que recuerdan a una atadura con bejuco.

Otra referencia a la cubierta vegetal la encontramos en las molduras de tipo lazo, que simulan una atadura y se utilizan en muchos edificios puuc, tanto en la cornisa media del edificio como en la de remate. Esta moldura está formada por tres piezas de piedra tallada que forman una sección vertical simétrica, recorre toda la fachada y produce un juego de sombras muy característico de la decoración puuc (figura 12). Uno de los mejores ejemplos para observar estas referencias a la choza es la Casa de las Tortugas de Uxmal, cuyo friso está decorado con junquillos y delimitado por dos molduras en forma de lazo, la superior decorada con tortugas (figura 13).



Figura 12
Detalle de la cornisa media de la Casa de las Tortugas de Uxmal (Yucatán). Fotografía de G. Muñoz.



Figura 13
Fachada este de la Casa de las Tortugas de Uxmal (Yucatán). Fotografía de G. Muñoz.

El segundo tipo, y la referencia más directa, es la representación de la choza en los frisos de las fachadas, combinada con otros motivos iconográficos como celosías, grecas, junquillos, serpientes o mascarones de Chaac, dios de la lluvia. Aparecen en puntos importantes de los frisos, bien centradas en la fachada o bien sobre las puertas, y algunos casos son: el Arco de Labná, el Cuadrángulo de las Monjas de Uxmal en sus alas norte, sur y oeste, y el Palacio de Chacmultún (figura 14).



Figura 14
Representación de la casa maya en el friso de la fachada del ala norte del Cuadrángulo de las Monjas de Uxmal (Yucatán).

También existen representaciones de la choza del tamaño de la fachada completa como en la Acrópolis de Ek Balam, donde la decoración está realizada en



Figura 15
Fachada del edificio oeste del Cuadrángulo de los Pájaros de Uxmal (Yucatán).

estuco. Un caso singular es la decoración del friso del edificio oeste del Cuadrángulo de los Pájaros de Uxmal, que reproduce en piedra una textura similar a la del guano de una cubierta vegetal y le confiere a la totalidad del edificio una imagen de choza maya, decorada con pájaros tallados en piedra (figura 15).

Conclusiones

La arquitectura maya monumental, sobre todo la de carácter palaciego, toma como arquetipo y como referencia simbólica la cabaña primitiva, construida con paredes de bajareque y cubierta de madera y de hoja de palma. Los mayas aprovechan las buenas condiciones climáticas de la choza y reproducen su espacio interior con bóvedas de piedra. Además, la trasposición de algunos elementos constructivos de la arquitectura de madera de la cabaña a la arquitectura pétrea palaciega produce una sensación de armonía basada en el orden y las proporciones naturales de la construcción primitiva, de forma similar a como ocurre en la arquitectura clásica grecorromana.

Es evidente que en la arquitectura maya existe una veneración a la vivienda primitiva, lo que se refleja en la representación iconográfica de ésta en la fachada de varios edificios notables. Los avances en la tecnología constructiva y la evolución estética que se producen durante varios siglos en la arquitectura maya clásica, perfeccionan la imagen interior que rememora la vivienda vernácula.

Esta vivienda tradicional, que aún pervive en algunas regiones, es un elemento fundamental para comprender los modos de vida y la visión del mundo, no sólo de los mayas antiguos sino también de los mayas de hoy, por lo que resulta muy necesaria la conservación, la protección y la investigación de este patrimonio vernáculo.

Notas

Los autores agradecen expresamente el apoyo del Ministerio de Economía y Competitividad de España a través de la financiación del proyecto de investigación *Arquitectura maya. Sistemas constructivos, estética formal y nuevas tecnologías* (BIA2014–53887–C2–1–P) y del programa de Ayudas para contratos predoctorales para la formación de doctores (BES-2015–071296), así como el patrocinio del Ministerio de Educación, Cultura y Deportes a través de la financiación obtenida por el *Proyecto Arqueológico La Blanca y su entorno* dentro del programa de ayudas para Proyectos Arqueológicos en el Exterior, que han contribuido de forma determinante a hacer posibles las investigaciones y la obtención de los resultados que se exponen en esta publicación.

1. Los datos relativos al proceso constructivo de la casa maya han sido obtenidos en una entrevista realizada el 27/10/2016 a D. Hernán Perera Novelo en Santa Elena (Yucatán), gracias al apoyo de José G. Huchim Herrera.
2. Cuando se utiliza este tipo de hoja resulta más cómodo disponer de faldones planos, por lo que a veces encontramos viviendas de planta rectangular a cuatro aguas.
3. Sistema de compartimentación de los rellenos de las grandes plataformas macizas mediante muros intermedios que delimitan espacios menores.
4. En el edificio 6J1 de La Blanca se han documentado tres bóvedas con luces de 4 y 4,10 m, lo que resulta excepcional en el área del Petén. En el área puuc abundan las bóvedas con luces de más de 3 m, y alguna también sobrepasa los 4 m. En el grupo Cabalpak de Chacmultún se ha registrado una estancia de 4,10 m.
5. Este estudio se enmarca en un trabajo de investigación de postgrado más amplio sobre la bóveda maya, para el que se han registrado datos geométricos, formales y constructivos de alrededor de 400 bóvedas pertenecientes a 38 sitios arqueológicos de las Tierras Bajas mayas.

Lista de referencias

Andrews, G.F. 1986. *Los estilos arquitectónicos del Puuc. Una nueva apreciación*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Baños Ramírez, O. 2009. «La invención de la casa maya de Yucatán». *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán*, 249–250: 3–33.

Choisy, A. 1899. *Histoire de l'architecture*. París: Edouard Rouveyre.

Gilabert Sansalvador, L. y G. Muñoz Cosme. 2015. «Análisis de las bóvedas mayas de la Acrópolis de La Blanca (Petén, Guatemala)». En *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*, editado por S. Huerta y P. Fuentes, 729–737. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

López Morales, F. J. 1987. *Arquitectura vernácula en México*. México: Trillas.

Muñoz Cosme, G. 2006. *Introducción a la arquitectura maya*. Valencia: General de Ediciones de Arquitectura.

Perrault, C. [1674] 1981. *Compendio de los diez libros de arquitectura de Vitruvio*. Murcia: C.O. de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia, Librería Yerba y Consejería de Cultura.

Rivas Gutiérrez, D. 2012. *La choza maya. Cuna y custodia de los grandes misterios y de la sabiduría de una cultura que sigue viva*. Mérida, Yucatán: Universidad Nacional Autónoma de Yucatán.

Sánchez Suárez, A. 2006. «La casa maya contemporánea. Usos, costumbres y configuración espacial». *Península*, 1, 2: 81–105.

Smith, A. L. 1950. *Uaxactun, Guatemala: Excavations of 1931–1937*. Washington: Carnegie Institution of Washington, publication 588.

Sharer, R. J. 1998. *La civilización maya*. México: Fondo de Cultura Económica.

Stierlin, H. 1964. *Maya: Guatemala, Honduras y Yucatán*. Barcelona: Ediciones Garriga.

Vidal Lorenzo, C. y G. Muñoz Cosme. 2009. *Los grafitos mayas. Cuadernos de arquitectura y arqueología maya 2*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Vidal Lorenzo, C. y G. Muñoz Cosme. 2012. *Tikal. Más de un siglo de arqueología*. Valencia: Universitat de València.

La aplicación de vasijas de cerámica como materiales de construcción en los rellenos de bóvedas de edificios góticos de Palma. Estado de la cuestión

Elvira González Gozalo

La utilización de cerámica popular en la arquitectura gótica ya fue tratada por el arquitecto Joan Bassegoda Nonell, para los edificios góticos catalanes, quien refería que servían « para ahorrar peso y dinero, formando cada una de ellas una pequeña bóveda que actuaba como arco natural de descarga » (1978, 42). Desde esa publicación, pionera en nuestro país, se ha ido ampliando el estudio de esta especialidad que, no sólo concierne a arquitectos, por cuanto se trata de uno de los procedimientos más antiguos de la construcción de bóvedas, surgido en el mundo clásico, sino también a los arqueólogos, ya que los materiales cerámicos, guardados en los espacios cerrados de una bóveda marcan, de una manera fehaciente, la datación cronológica de aquéllos (vinculada, a su vez, al origen del edificio) y sus morfologías son básicas para establecer un cuadro de prototipos que señala la adscripción de piezas semejantes en contexto subterráneo.

Estudiosos del tema en nuestro país

Uno de los principales cuadros de formas de estos objetos específicos que aparecen en los rellenos de bóvedas catalanas fue el que estableció el profesor Manuel Riu (1984) para las formas de obra gris hechas a fuego reductor (cántaros, sobre todo) y de vasijas de *obra aspra*, la más utilizada para estos fines. Y es que Cataluña, y sobre todo Barcelona, ha sido el lugar que ha contado con mayor número de expertos que han estudiado y difundido el estudio de las piezas cerámicas extraídas del relleno de bóvedas medievales, sobre todo de edificios religiosos, de manera continuada. Para nuestra consulta, hemos contado con el siguiente número de investigadores que se han interesado por el repertorio cerámico y la referencia a las bóvedas tratadas son las siguientes:

- Santiago Albertí, Dolors Llopart y Marta Montmany, de la iglesia de Santa Maria del Mar y del convento de los Ángeles de Barcelona (1982),
- Julia Beltrán de Heredia, de la Pía Almoina de Barcelona (1997),
- Joan-F. Cabestany y Francesca Riera, de la iglesia de Santa María del Pi de Barcelona (1978),
- Josep A. Cerdà y Joan Roldós, de la iglesia de Sant Miquel de Mata de Mataró (1994),
- M. del Carmen Riu, de la Catedral de Barcelona (1989) y de otras iglesias barcelonesas (1992),
- A. Roig y J. Roig, de la iglesia de Sant Felix de Sabadell (1998),
- Joan Santanach y Joan Rosal, del convento del Carmen de Barcelona (1996), del monasterio de Sant Pere de les Puelles de Barcelona (1996) y del presbiterio de la iglesia de Santa María del Pi de Barcelona (1999).

Para el caso de Alicante, el arqueólogo José Luis Menéndez Fueyo fue quien estudió las vasijas descu-

biertas en las bóvedas de la catedral de Santa María de esa ciudad (2005 y 2007), y, Mallorca, al otro lado de la orilla, cuenta con esta autora, cuya intención es llevar a cabo un estado de la cuestión para los interesados en este tema, acercando tres casos concretos de Palma a este congreso.

Coincidencias de tipos para el relleno de bóvedas

Como ya hemos dicho, la utilización de cerámica para fines constructivos fue un sistema cuya práctica era común en el mundo clásico, en sus más variadas edificaciones, y que ya trata en un intenso y documentado estudio el arquitecto Joan Bassegoda Nonell en los primeros capítulos de su libro (1978, 5–11). Sin embargo, la finalidad de este sistema ha provocado teorías muy diversas, incluso se refiere en contexto francés e italiano, a la función acústica de las vasijas de cerámica imbuidas en los techos y muros de edificios medievales (Alessandrini et ali 2007, Palazzo-Bertholon y Valière 2007 y 2012; Juković y Turković 2012; Poisson 2008; Rebeix 2006).

En este estado de la cuestión lo que se trata es de los objetos de cerámica de formas cerradas, cuya funcionalidad se refiere a dar soluciones económicas y prácticas a la construcción arquitectónica, que poco tienen que ver con las amplificaciones sonoras que puedan provocar. El procedimiento que nos incumbe consistía en usar, generalmente vasijas enteras, perfectas o con desperfectos de cochura, y otros objetos más pequeños (*frentum*), a veces, rotos (*fractum*), para aligerar el peso de las bóvedas (Bassegoda 1978, 66). La cerámica dispuesta en estos espacios cierra la estructura con el peso liviano de las formas huecas, sin mermar la resistencia, asegurando además la solidez del piso superior de las bóvedas.

Los edificios herederos de esta ingeniosa técnica romana han sido los del área del litoral mediterráneo de nuestro país, en especial los góticos de Cataluña y Valencia, señalados por Bassegoda en 1978, a los que se añadió los de Mallorca a partir de 1987 (González 1987). Basándonos en el estudio de ese arquitecto y en los nuestros a posteriori, no podemos menos que señalar las profundas similitudes entre los recursos constructivos del otro lado del mar y los de nuestra isla. Una relación que ha quedado patente, no sólo en el método, sino en los mismos componentes cerámicos utilizados, ya que, los tipos de vasijas descubiertos en nuestros edificios son semejantes a los usados en Barcelona (Beltrán de Heredia 2012, 81–107) y en Alicante (Menéndez 2005 y 2007) para el mismo fin. Una analogía que se corrobora, además, en la mayoría de casos, con las marcas pintadas y los sellos impresos en los hombros de las vasijas del eje Barcelona-Mallorca-Alicante, sobre todo para las de *obra aspra*.

De esta relación expresa entre Palma y Barcelona no queda ningún documento escrito en los libros de obra de nuestra Catedral, a pesar de que en ellos se citan en la documentación del Archivo catedralicio de comienzos del s. XV las « jerres olieres les quals *donaren a l'obra* ».[1] La ausencia de más datos queda suplida por la publicada en Barcelona, en donde se especifica que para sus edificios góticos, las vasijas eran compradas « para la bóveda » a los obradores y eran « nuevas y buenas, en tanto que *otras que debían estar en malas condiciones eran regaladas a la Catedral* » (Bassegoda 1978, 64).

Este último no es el caso para los ejemplos descubiertos en Palma. Aquí las piezas cerámicas no presentan ningún problema de cochura. Si las hay rotas es evidente que lo están por accidentes que debieron producirse en el vaciado de las bóvedas, por lo que queda descartada la posibilidad de que las piezas rotas lo hubieran estado para su función de relleno. Hay que tener en cuenta que en las ordenanzas municipales de Barcelona del siglo XIV, en concreto de 1314, 1320 y 1327, se recordaba a los alfareros « *ollers* » de esa capital la obligación de « possar son signe o sagell en lloch visible o vora el coll de les gerres fabricades, i *que fossin de bona terra i ben cuites* » (Olivar 1952, 104). Estos sellos eran la garantía de calidad del producto y, para el caso de la exportación a la isla, las piezas se vendieron como artículo íntegro, salido del obrador en perfectas condiciones, y por tanto, sin contemplar en ellas ninguna función de « reciclado » del envase en las transacciones comerciales de ida y vuelta.

Los ejemplos de Palma capital

Por los descubrimientos arqueológicos realizados hasta el momento, la cerámica barcelonesa que llegó fletada a Mallorca se usó para el relleno de las bóvedas de, hasta el momento, tres edificios góticos de Palma: la Sala Capitular de la Catedral de Mallorca,

la Lonja de la Mercadería, y el Campanario de esa misma Catedral. Estos tres fondos se encontraron a raíz de las intervenciones de los arquitectos Guillermo Reynés Corbella, en el año 1977, Pere Rabassa, en 2008, y Enric Taltavull en 2013, para cada uno de esos lugares citados, respectivamente.

Mientras que para el primero ejemplo de la Sala Capitular, esta autora fue la encargada de realizar el estudio de las 98 vasijas de relleno descubiertas (tema que escogí como tesis de licenciatura, dirigida por el Dr. Rosselló Bordoy) (González 1985), y en el Campanario de la Catedral intervine puntualmente en la extracción de algunas jarras,[2] fue en la Lonja, como miembro del equipo interdisciplinar de la restauración del edificio, donde se pudo llevar a cabo un trabajo arqueológico integral, aplicando el novedoso método de la extracción provisional de los materiales, a efectos de estudio, vueltos a incluir en la bóveda.

Fruto de ese trabajo fue el inventario de 42 jarras publicadas en la *Memòria del Patrimoni Cultural 09* (González 2010). También se redactó un artículo en el que se ponía de manifiesto que, al contrario que las de los edificios de Barcelona (Bassegoda 1978, 65), las llegadas a Mallorca, no sólo no eran envases de desestimo, sino que debían de considerarse materiales hechos ex profeso para la construcción de los edificios en los que se descubrieron (González 2011a, 168), encargándose los lotes a los alfares de Barcelona, como cualquier otro producto o herramienta que pudiera ordenarse hoy en día, ya fuera porque esas vasijas requerían gran cantidad de barro adecuado del que la isla carecía, ya fuera porque ese tipo de producción precisaba de infraestructuras muy desarrolladas que Mallorca aún no tenía en la Baja Edad Media.

Tipos de piezas elegidas para el relleno

Como hemos referido, los tipos de contenedores cerámicos han sido los mismos para esas tres edificaciones. Se trata de piezas de *obra aspra* de pasta rosada, por tanto, hechas a gran fuego y muy resistentes, y sin ningún tipo de cubierta de vedrío que las hiciera impermeabilizante a ningún líquido. Son grandes vasijas de forma ovoide, con pie largo que se va estrechando hacia la base que es plana con parecido diámetro que la boca. No tienen asas, ya que el labio reforzado hace las veces de agarre para su manipulación, haciendo más eficaz su transporte. El otro tipo de piezas más pequeñas, globulares, son vasijas con una o dos asas, o sin asas (con pico, en algunos casos), fabricadas a fuego reductor es decir, cerrando el horno, y por tanto de resultado gris para la pasta, de ahí la denominación de la serie de « *obra grisa* ».

Estas dos clases, sobre todo de *obra aspra*, fueron las utilizadas sistemáticamente para el relleno de las bóvedas de la Sala Capitular gótica, la Lonja y el Campanario, donde incluso en este último, se incluyó, además, otro tipo de objetos más pequeños, el llamado *frentum*, con decoración pintada de negro; ejemplos extraordinarios entre nuestros casos de Mallorca.

Sin embargo, y aunque nos centraremos en las piezas de esos edificios góticos, queremos apuntar también que la aplicación de objetos de cerámica común, como relleno de bóveda, se convertiría en nuestra isla en una práctica habitual en el período Barroco (1600–1700). Gracias al mayor número de intervenciones arqueológicas actuales, ya no sólo en edificios religiosos,[3] sino en viviendas,[4] se han descubierto ejemplos que facilitan a posteriori el reconocimiento de nuestra cerámica en otro tipo de contexto.

Características físicas de las vasijas de relleno

La Sala Capitular gótica

Dado el carácter del congreso nos centraremos en las características que pueden interesar al apartado arquitectónico, y por tanto a los datos de tamaño y peso recogidos en los ejemplos de la Sala Capitular y la Lonja, donde se intervino con la toma de esos datos. Desgraciadamente, para el Campanario, carecemos de ellos por no estar publicados aún.

En la bóveda de la Sala Capitular gótica de la Catedral se descubrieron 52 piezas completas (8 incompletas) de *obra aspra*. En total fueron 60 piezas de este tipo. Las de obra gris enteras fueron 26 (12 incompletas), siendo un total de 38 piezas las de esta otra clase (figura 1).

Estas vasijas de *obra aspra* extraídas de la bóveda de la Sala Capitular gótica alcanzan una altura del entorno, o superior, a los 60 cm, siendo las de 61, 62 y 64 cm las más numerosas, con 28 vasijas, seguidas de las de 58, 59, 60 y 63 cm, con 17, y un total de 52



Figura 1
Fotografía del conjunto de vasijas de obra aspra (a la izquierda) y de obra grisa (al fondo derecha) extraída del relleno de la bóveda de la Sala Capitular gótica de la Catedral de Mallorca a finales de la década de los años setenta del s. XX.



Figura 2
Fotografía de las vasijas in situ en el relleno de bóveda de la Sala Capitular. (Cortesía del Sr. Reynés Corbella).

piezas completas contabilizadas. Las dos de tamaños extremos son: una de 42 cm y otra de 140 cm, extraordinaria por su envergadura, pero como hemos referido, con la misma morfología que las demás. El promedio de altura de esta serie de *obra aspra* se sitúa en los 65,4 cm, mientras que las formas más pequeñas de la obra gris, es de 38,9 cm.

Si nos referimos al peso, una pieza de *obra aspra* tiene un promedio de peso de 14,81 kg, mientras que el de una pieza de obra gris es de 8,15 kg de media. El peso total de las piezas de la *obra aspra* en este lugar es de 866,78 kg, mientras que el peso de la obra gris es de 290,23 kg, lo que sumado todas alcanza un total de 1.157,01 los kilos retirados de esta bóveda.

Desgraciadamente la intervención de 1977 no contó con ningún arqueólogo y por tanto carecemos de detalles precisos del espacio que se vació. Gracias a las explicaciones del arquitecto Sr. Reynés, sabemos que el lugar de extracción fue el riñón de bóveda colindante con la Sala *dels Vermells* de la planta baja del campanario (González 1985, 15 y González 1995, 349). En las fotos observamos la particularidad del mortero de cal para su unión (figura 2).

La Lonja de la Mercadería

De la cuarta parte del riñón de la bóveda de la panda S. O. de la Lonja, en una cata de 3 x 3 m (figura 3),

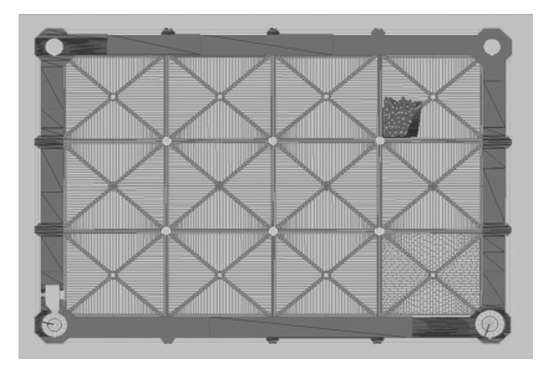


Figura 3
Planta de la situación de la cata de extracción de vasijas efectuada en la bóveda de la Lonja de Palma. (© Ignacio Hortelano Uceda, 2010).

se extrajeron 40 vasijas de *obra aspra* y 2 piezas de *obra grisa*, dispuestas en dos niveles superpuestos, siendo 28, las vasijas que se encontraron en el nivel superior (figura 4) y 14 vasijas las depositadas bajo las anteriores, en contacto con la plementería de la bóveda (figuras 5 y 6).



Figura 4
Fotografía de las vasijas descubiertas en la cata de la Lonja, una vez se retiró la cubierta de tejas y mortero, y se efectuó la numeración de este nivel superior.





Figuras 5 y 6
Fotografías de las vistas lateral y cenital de la disposición de la jarras en su nivel inferior sobre la plementería en la Lonja de Palma.

Entre ellas se descubrieron 2 extraordinarios recipientes de cerámica medieval: una *tramostera* de obra gris (figura 7), que por los vestigios que conservaba en su interior se usó para preparar pasta de mortero en la obra y luego se incluyó al resto de relleno, y también una jarra de morfología extraordinaria (figura 8); una pieza fuera de serie que semeja una evolución morfológica de la formas 31 y 34 de Dressel de las ánforas romanas.



Figura 7
Fotografía de una tramostera de obra gris incluida en el relleno de bóveda de la Lonja de Palma.

A diferencia del ejemplo de la Sala Capitular gótica, las vasijas de este relleno no estaban trabadas entre sí con ningún mortero. Es decir que, una vez depositadas las jarras en el riñón de la bóveda, se colocaron las tejas cubriendo las más sobresalientes, creando un perfecto entramado. Las tejas estaban unidas mediante mortero de cal, que en ningún caso entró dentro de las vasijas, procurando así una cobertura homogénea de la bóveda que alcanzaba la solidez de una tapadera y, a la vez, de un solero (figura 9).

En la bóveda de la Lonja se descubrieron 40 piezas completas de *obra aspra*, diferenciándose dos series semejantes, una de 86, 5 cm de altura media, y otra de 62 cm. Las piezas de obra gris fueron 2, siendo 42, las vasijas que se sacaron enteras de esta cata. En total se contabilizaron más de 530 kg de carga cerámica de un volumen intervenido de 14,08 m^3, en un 1/4 de riñón con una capacidad de 28,87m^3 (tabla 1).



Figura 8
Fotografía de una vasija de morfología atípica medieval, entre los casos de Mallorca.



Figura 9
Fotografía panorámica de la retirada de las tejas sobre las tinajas.

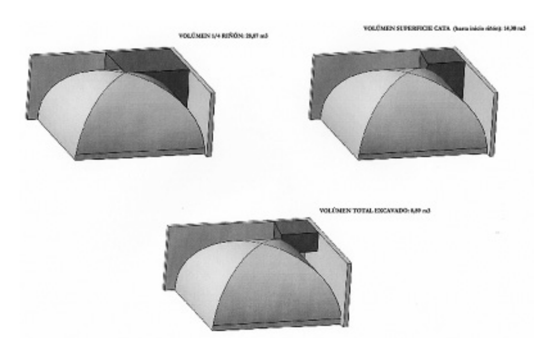


Tabla 1
Volúmenes del espacio trabajado en la bóveda de la Lonja.

Conclusiones

Debido al carácter extraordinario de una intervención arquitectónica en un monumento de cronología Bajomedieval en nuestra ciudad, nos ha sido muy difícil llegar a establecer conclusiones definitivas sobre la práctica del relleno de bóveda con cerámica de manera generalizada en nuestra isla. Hemos tenido que esperar hasta la intervención en estos tres casos referidos para abordar el estudio de una manera más concluyente y exponer aquí cómo la elección sistemática de unos modelos de jarras, procedentes de los alfares de Barcelona, transportadas a la isla en un número considerable, no fue un hecho fortuito sino que obedeció a la elección planificada de un material de obra, escogido y encargado en origen por el autor de la Sala capitular gótica de la Catedral[5] y de la Lonja,[6] el maestro mallorquín Guillem Sagrera (Felanitx, Mallorca, 1380? - Nápoles, 1456).

Aunque somos conscientes del trabajo de investigación que aún queda por hacer, es interesante saber como a través de estos modestos contenedores cerámicos se puede seguir, no sólo la trayectoria constructiva de estos edificios, desde su mismo origen, sino la del transporte comercial de algunos mercaderes, como la de Miquel Desprats de Barcelona, cuya marca en forma de G rematada con un aspa y provista de una cruz latina en su interior, dibujada en el libro *Manifest de les leudes de Copliure* (1412–1415) (figura 10), coincide con la marca de almagre de mercader pintada sobre una de las tinajas de la Sala

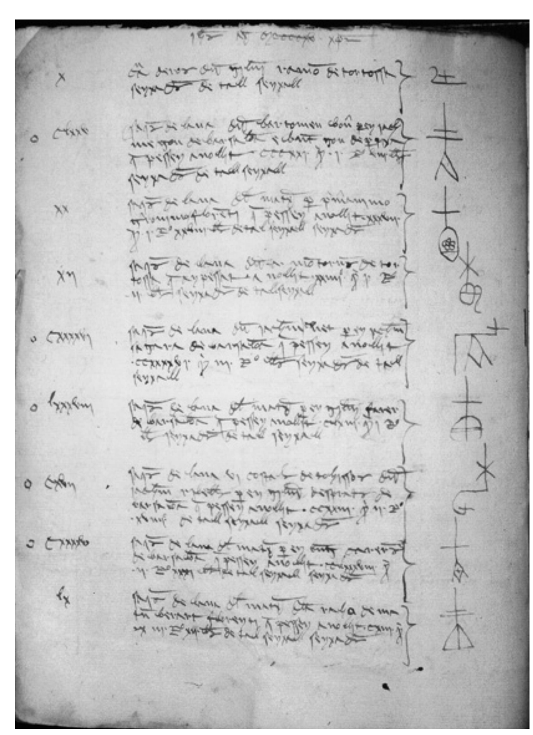


Figura 10
Fotografía del folio 62v de la Leuda de Colliure, 1412–1415 (AHCB, Bailia cl. 8a K núm. 7). La séptima marca corresponde al mercader de lana Desprats.

Capitular gótica de la Catedral (González 1985, 94, fig. VI) (figura 11) y con otra marca incisa en uno de los muros de la escalera de caracol de la torre de Santa Catalina de la Lonja (González 2011b, núm. cat. 01SC) (figura 12), cerrándose así el círculo de unos proyectos arquitectónicos medievales que implicaban tanto a alfareros, como a mercaderes, navegantes, albañiles y maestros de obras.

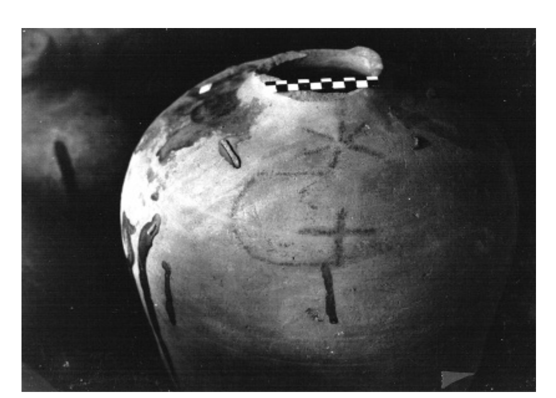


Figura 11
Fotografía de la marca del mercader Desprats, sobre una de las vasijas de la Catedral.



Figura 12
Grafito inciso con la inicial G del mercader Desprats entre las cifras del año 143[.] a la entrada de la torre de Santa Catalina de la Lonja.

Notas

1. Agradezco a la Sra. Concepció Bauzà de Mirabó las notas de esta referencia de archivo.
2. La extracción y estudio de las piezas de relleno fue llevada a cabo por la arqueóloga Sra. Francisca Torres.
3. Entre los edificios religiosos destacan: el convento de Sant Domingo de Pollença con ollas de relleno (González 1986), y el de Sant Bonaventura de Llucmajor, con objetos descubiertos en 2005 bajo el control arqueológico del Sr. Guillem Rosselló Bordoy pendiente de estudio.
4. Se han descubierto cerámicas de relleno en la casa de la calle Posada de Terra Santa, 5 de Palma y en la casa de la calle dels Àngels, 10 de Pollença, ambos controles bajo la dirección del arqueólogo, Sr. Josep Merino Santisteban, al que queremos agradecerle la información.
5. La Sala Capitular gótica se encontraba terminada el 27 de noviembre de 1433 (Alomar 1970, 142), cuando hacía trece años que Sagrera detentaba el cargo de maestro de obras de la Catedral y trabajaría hasta 1477 en que marcha para Nápoles (Matheu 1958, 12).

6. Bajo la dirección de Sagrera los trabajos de la Lonja se inician en 1420 y terminan a mediados del s. XV. A este respecto no estamos de acuerdo con la Dra. Catalina Cantarellas quien afirma « La cubierta era de *trespol* dispuesto sobre las bóvedas, valiéndose /… / de restos de cerámica como material de relleno. Al menos, este material, *alfabies*, se va a incluir en la reforma del seiscientos ». (Cantarellas 2003, 97).

Lista de Referencias

AAVV. 1994. *Del rebost a la taula. Cocina y alimentación en la Barcelona gótica*. Barcelona. Museu d'Història de la Ciutat.

Albertí, Santiago; Llopart, Dolors i Montmany, Marta. 1982. «La terrissa medieval de Santa Maria del Mar». *Butlletí Informatiu de Ceràmica*, Barcelona, núm. 15.

Albertí, S.; Llopart, D.; Montmany, M. 1982. «Troballa de terrissa a l'antic convent dels Àngels, de Barcelona». *Butlletí Informatiu de Ceràmica*, Barcelona, núm. 16.

Alessandrini P. et al. 2007. «Les vases découverts dans les voûtes de l'église Saint-Jacques de Perpignan». En Poisson, O. (dir.), *L'uso dei recipienti ceramici nell'architettura antica e medievale: alcuni esempi in Italia,* ed altrove (Archeologia dell'architettura), vol. 10.

Alfonso Barberà, Rafael. 1978. *La cerámica medieval de Paterna. Estudio de marcas alfareras*. Paterna. Gráficas Triunfo.

Alomar Esteve, Gabriel. 1970. *Guillem Sagrera y la arquitectura gótica del siglo XV*. Barcelona: Editorial Blume.

Barceló Crespí, Maria; Rosselló Bordoy, Guillem. 1996. *Terrissa*. Palma de Mallorca. Canon Editorial.

Bassegoda Nonell, Juan. 1978. *La cerámica popular en la arquitectura gótica*. Barcelona. Ed. de Nuevo Arte Thor.

Beltrán De Heredia Bercero, Julia. 1997. «La ceràmica localitzada a l'extradós de les voltes de la Pia Almoina de Barcelona». *Ceràmica medieval catalana. El monument, document*. *Quaderns científics i tècnics*, Barcelona, núm. 9.

Beltrán De Heredia Bercero, Julia. 2012. «Lea gerres de transport marítim: producción i comerç a Barcelona». *Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona*, Barcelona.

Bevià García, Marius; Azuar Ruiz, Rafael (coord.). 2005. *Santa María descubierta.* Alicante. MARQ, Museo Arqueológico de Alicante.

Bolós, J. et al. 1986. «Ceràmiques medievals del Museu d'Arts, Indústries i Tradicions Populars de Barcelona». En *Actas del I Congreso de Arqueología Medieval Española de Huesca*, Zaragoza.

Bolós i Masclans, Jordi; Padilla Lapuente, Iñaki. 1986. «Algunes formes de la ceràmica grisa conservada al Museu de Manresa». *Actas del II Coloquio Internacional de Cerámica Medieval en el Mediterráneo Occidental*, Madrid.

Cabestany, Joan-F.; Riera, Francesca. 1978. «Hallazgos de cerámica medieval en la iglesia de Santa María del Pí». *La céramique médiévale en Mediterrannée Occidentale*, Vallbonne.

Cantarellas Camps, Catalina. 2003. «La Lonja de Palma. Un espacio único». En CLIMENT GUIMERÁ, Federico (coord.): *La Lonja de Palma*, Palma.

Cerdà i Mellado, J. A.; Roldós i Sans, J. 1994. «Troballa de terrissa catalana a l'església de Sant Miquel de Mata (Mataró, El Maresme)». *Butlletí Informatiu de Ceràmica*, Barcelona, núm. 56.

Coll Conesa, Jaume. 1987. «Importación de cerámicas bajomedievales en el valle de Sóller». En *II Congreso de Arqueología Medieval Española*, Madrid.

Coll Conesa, Jaume. 1994. «Contenedores cerámicos medievales en las costas de Mallorca». En *Actas del IV Congreso de Arqueología Medieval Española de Alicante*, Alicante.

Coll Conesa, J. (coord.). 1998. *Mallorca i el comerç de la Ceràmica a la Mediterrània*. Barcelona. Catàleg de la exposición. Fundació «La Caixa».

Dies Cusí, E.; González Villaescusa, R. J. 1998. «Las tinajas de transporte bajomedievales y sus marcas de alfarero». En *Actas del I Congreso de Arqueología Medieval Española de Huesca*, Zaragoza.

González Gozalo, Elvira. 1985. «La cerámica de relleno de una bóveda de la Catedral de Mallorca». Tesis de licenciatura presentada en la UIB.

González Gozalo, Elvira. 1986. *Les olles de volta del convent de Sant Domingo de Pollença*, Pollença.

González Gozalo, Elvira. 1987a. «La cerámica bajomedieval de la Catedral de Mallorca». En *Actas del II Congreso de Arqueología Medieval Española de Madrid*, Madrid, vol. 3.

González Gozalo, Elvira. 1987b. «Paralelismos entre marcas alfareras y signos lapidarios de época medieval en Mallorca». En *Actas del V Coloquio Internacional de Gliptografía* de Pontevedra, Bélgica, C.I.R.G., vol. 1.

González Gozalo, Elvira. 1995. «Las vasijas de la Baja Edad Media de la Sala Capitular gótica». En *La Catedral de Mallorca*, Palma.

González Gozalo, Elvira. 1998. «Ceràmica medieval (ss. XIV-XV) i postmedieval (ss. XVI-XVIII) en el seu context arqueològic urbà». En Coll Conesa, Jaume (coord.), *Mallorca i el comerç de la ceràmica a la Mediterrània*, Palma.

González Gozalo, Elvira. 2005. *La col·lecció de ceràmica del Museu Diocesà*, Col. Gresol núm 01, Palma.

González Gozalo, E. 2010. «Informe arqueològic. Projecte de restauración de la Llotja. Palma». En Tugores, F.; Lozano, A. (coord.), *Memòria del Patrimoni Cultural 09.*

Intervencions autoritzades pel Consell de Mallorca, Palma, núm. 175: 29.

González Gozalo, Elvira. 2011a. «El catálogo de los grafitos de la Lonja y algunas conclusiones sobre las autorías de las marcas». En *Actes du XVIIe Colloque International de Glyptographie* de Cracovie de 2010, Bélgica.

González Gozalo, Elvira. 2011b. «Catàleg dels grafits de la Llotja». *Actes du XVIIe Colloque International de Glyptographie* de Cracovie de 2010, Bélgica, (en cd adjunto).

Juković, Miljenko; Turković, Tin. 2012. «La Coatie médiévale: État des lieux». En: Palazzo-Bertholon, Bénédicte; VALIÈRE, Jean-Christophe: *L'Archéologie su son. Les dispositifs de pots acoustiques dans les édifices anciens*, Société Française d'Archéologie. [https://bib.irb.hr/.../592549.III_Le_paysage_europen_Croatie_Jur..] Consulta: 26/05/2017.

Menéndez Fueyo, José Luis. 2005. «Apuntes para el estudio de contenedores cerámicos medievales: Las tinajas de las bóvedas de la iglesia de Santa María de Alicante». En: Bevià García, Marius; Azuar Ruiz, Rafael (coord.): *Santa María descubierta*, Museo Arqueológico de Alicante.

Matheu Mulet, Antonio. 1958. *Palma de Mallorca Monumental*. Madrid. Plus ultra.

Menéndez Fueyo, José Luis. 2005. «Sellos y marcas en los contenedores cerámicos de la iglesia de Santa María de Alicante. Aproximación a su estudio». En: Bevià García, Marius; Azuar Ruiz, Rafael (coord.): *Santa María descubierta*, Museo Arqueológico de Alicante.

Menéndez Fueyo, José Luis. 2005. «Ollas, cántaros y cerámicas de uso doméstico en la Edad Media. La *obra aspra* de las bóvedas de la iglesia de Santa María de Alicante». En: Bevià García, Marius; Azuar Ruiz, Rafael (coord.): *Santa María descubierta*, Museo Arqueológico de Alicante, Alicante.

Menéndez Fueyo, José Luis. 2007. «Firmar la tinaja, marcar la historia. Marcas y grafitis en las cerámicas de Santa María de Alicante», M.A.R.Q. núm. 02, Alicante.

Mulet, Antoni. 1931. *Ceràmica mallorquina*, Palma de Mallorca.

Olivar Daydi, Marçal. 1952. *La ceràmica trecentista a Aragó, Catalunya i València*. Barcelona, Seix Barral.

Padilla Lapuente, José I.; Vila i Carabasa, Josep M. 1994. «Los oficios alfareros en la Barcelona de la Edad Media». En: AAVV, *Del rebost a la taula. Cocina y alimentación en la Barcelona gótica*, Museu d'Història, Barcelona.

Palazzo-Bertholon, Bénédicte; Valière, Jean-Christophe. 2012. «L'Archéologie su son. Les dispositifs de pots acoustiques dans les édifices anciens». Société Française d'Archéologie, Supl. Bulletin monumental núm. 5. [https://bib.irb.hr/.../592549.III_Le_paysage_europen_Croatie_Jur..] Consulta: 26/05/2017.

Palazzo-Bertholon, Bénédicte; Valière, Jean-Christophe. 2007. «Les vases dits «acoustiques» dans les églises médiévales: un programme d'étude interdisciplinaire», communication présenté au colloque «Medieval Europe», Paris. [https://medieval-europe-paris-2007.univ-paris1.fr/B.%20Palazzo-Bertho...]. Consulta: 04/03/2017.

Poisson, Jean-Michel. 2008. «L'utilisation de vases céramiques dans l'architecture antique et médiévale: quelques exemples d'Italie et d'ailleurs». [https://halshs.archives-ouvertes.fr/file/index/.../Perpignan_cor.doc.]. Consulta: 04/03/2017.

Raurich, X.; Pujol, M.; Izquierdo, P. Les Sorres X. 1994. «Una embarcación medieval al Delta del Llobregat (Catalunya)». *Actas del IV Congreso de Arqueología Medieval Española de Alicante*, Alicante.

Rebeix, Romain. 2006. «Les vases acoustiques au sein des églises médiévales». *Mémoires de la série Formation A et par la Recherche*, núm. 702, Université Michel de Montaigne Bordeaux 3. [https://archeoacoustique.labo.univ-poitiers.fr/.../Romain_Rebeix_2006.p...]. Consulta: 04/03/2017.

Riu, Manuel. 1984. «La ceràmica popular Barcelona del segle XIV. Aportació a l'estudi de les seves formes i marques». *Ceràmica grisa i terrissa popular de la Catalunya medieval. Acta Mediævalia,* Barcelona. Annex 2.

Riu de Martín, M. del Carmen. 1989. «Algunes peces de ceràmica del segle XIV trobades a la Catedral de Barcelona». *Acta Historica et Archæologica Mediævalia*, Barcelona, vol. 10.

Riu de Martín, M. del Carmen. 1992. «Las piezas de cerámica halladas en las bóvedas de las iglesias barcelonesas del siglo XIV». *Acta Historica et Archæologica Mediævalia*, Barcelona, vol. 13.

Roig i Deulofeu, A.; Roig i Buxó, J. 1998. «Les peces de descàrrega de volta de l'església de St. Fèlix (Sabadell, Vallès Occ., Barcelona). Anys 1403–1420». *La céramique médiévale en Méditerrannée. Actes du VI Congrés de l'AIECM*, Aix-en-Provence.

Rosal i Segalés, Joan. 1995. «Del rebost a la taula. Cuina i menjar a la Barcelona gótica». *Butlletí informatiu de Ceràmica*, Barcelona, núm. 57.

Santanach i Soler, Joan; Rosal i Sagalés, Joan. 1996. «Terrissa procedent de voltes del convent del Carme, de Barcelona». *Butlletí Informatiu de Ceràmica*, Barcelona, núm. 59.

Santanach i Soler, Joan; Rosal i Sagalés, Joan. 1996. «Terrissa procedent de voltes del monestir de Sant Pere de les Puelles, de Barcelona». *Butlletí Informatiu de Ceràmica,* Barcelona, núm. 60.

Santanach i Soler, Joan; Rosal i Sagalés, Joan. 1999. «Terrissa procedent de voltes del presbiteri de l'església del Pi, de Barcelona» *Butlletí Informatiu de Ceràmica*, Barcelona, núm. 67.

Saranova Zozaya, R.; Borrego Colomer, M. 1994. «El puerto de Alicante en los circuitos comerciales mediterráneos

en la Baja Edad Media: Contenedores cerámicos de transporte y anclaje». *Actas del IV Congreso de Arqueología Medieval Española de Alicante*, Alicante.

Wilson, R. 1992. «Terracotta vaulting tubes (tubi fittili): On their origin and distribution» *Journal of Roman Archaeology*, 5.

La fábrica de piedra durante los siglos XVII y XVIII en Escocia: estudio preliminar

Clara González Manich
Cristina González-Longo
Filippo Monari

Escocia es un territorio de gran riqueza geológica. La disponibilidad de piedra apta para la construcción en canteras locales, y la tardía introducción del ladrillo a finales del s. XVIII, son factores que tienen una influencia directa en el carácter predominantemente pétreo de su arquitectura. Los siglos XVII y XVIII representan un periodo fundamental en el desarrollo de dicha arquitectura. Uno de los elementos clave en este proceso es la evolución del papel desempeñado por el maestro de obras y la aparición en la segunda mitad del s. XVII del «gentleman-architect» Sir William Bruce, un mercader convertido en arquitecto (Dunbar et al. 1976). Hasta entonces, los edificios estaban diseñados y construidos por los maestros de obras [«master masons»], profesionales altamente educados en el diseño y construcción de estructuras de piedra, registrados en un colegio profesional [«Incorporation»] (McKean 2001). El cliente desempeñaba en muchas ocasiones un papel decisivo en la elección de modelos arquitectónicos e incluso de materiales (Wemyss 2014). James Smith, mencionado en contratos primero como maestro de obra y poco después como arquitecto, marca un cambio de dirección a su regreso de Roma en 1676, siendo el primer arquitecto escocés en un sentido moderno (González-Longo 2012, González-Longo et al.2013). Poco a poco la profesión se irá afianzando hasta consolidarse a finales del s. XVIII (Colvin 1986).

La ampliación y alteración de las casas aristocráticas y señoriales se convierte en una práctica habitual en el s.XVII y parte del XVIII. Esto añade un grado de complejidad arquitectónica y constructiva que Charles McKean (2003) ilustra en su estudio de la *Innes House* en Moray. McKean defiende la importancia del análisis de la fábrica como una herramienta de investigación clave para contrastar el estudio histórico documental y alcanzar un correcto entendimiento de la construcción. La identificación de cambios de nivel en forjados, inconsistencias en los espesores de muro, variaciones en el ancho de las aberturas, juntas inoportunas, o cambios significativos de material, son interpretadas como intervenciones de las cuales no siempre existe evidencia documental. McKean reivindicaba así la necesidad de abrir una línea de investigación nueva en Escocia, centrada en el estudio histórico de las fábricas de piedra, estudios por otra parte bien desarrollados en otros países como Italia. El trabajo aquí presentado continúa esta línea y la amplía con la revisión de metodologías de análisis de muros de fábrica existentes en Italia, país de referencia en este campo de estudio y con amplia experiencia en conservar y a veces reconstruir fábricas históricas afectadas por sismo. El gran número de ruinas existentes en Escocia construidas durante los s. XVII y XVIII ofrece una oportunidad para el estudio de la estructura interna de los muros.

Estudios precedentes

Pocos son los trabajos que consideran en Escocia la fábrica como parte de una investigación histórica. Los arquitectos David MacGibbon y Thomas Ross

(1887, 1896) desarrollan el primer trabajo sistemático de visitas y levantamientos de castillos (s. XII–XVIII) e iglesias (hasta el s. XVII) en Escocia. Este trabajo se recoge en dos publicaciones de cinco y tres volúmenes respectivamente, e incluye notas históricas, planimetrías, dibujos arquitectónicos, y una descripción general de los edificios en la que generalmente se mencionan aspectos como el número de plantas, dimensiones, la existencia o no de bóvedas, y en ocasiones, el espesor de muro. Es importante entender este estudio en su contexto histórico y cultural, ya que la selección de edificios hecha por McGibbon y Ross responde a la historiografía de su tiempo en la que el interés se focalizaba en la arquitectura medieval. McKean (2001) también cuestiona esta interpretación de la historia alegando que en este trabajo muchos de los denominados «castillos fortificados» construidos durante los s. XVII y XVIII no son tales, sino interpretaciones erróneas de edificios señoriales de ascendencia renacentista con apariencia defensiva.

El arqueólogo Joachim Zeune (1992) estudia lo que llama «últimos castillos escoceses» construidos entre los s.XV y XVII. Zeune critica el enfoque tipológico-cronológico utilizado por MacGibbon y Ross ya que, a su modo de ver, simplifica la historia de la construcción debido a la omisión de detalles arquitectónicos y hechos históricos cruciales. Por este motivo, propone revisar la datación de los edificios del periodo definido a partir del estudio de aspectos como la geometría en planta, la forma y características de las aberturas, el estudio de las marcas de cantero, o los elementos de piedra tallados como dinteles y jambas. Su investigación no parece tener continuidad. El arquitecto Robert Naismith (1985) toma una dirección distinta, focalizándose en la identificación de las estrategias de composición empleadas en edificios vernaculares. Estudia las características compositivas de una muestra de 23.500 edificios de este tipo construidos entre 1750 y 1914 con el objetivo de identificar zonas en la que los edificios comparten características [«character zones»]. Dicha caracterización incluye una breve referencia descriptiva a la fábrica pero desde el punto de vista estético, no constructivo.

Como hemos ya mencionado, Italia tiene una larga tradición en el estudio de estructuras de fábrica. Los numerosos tratados históricos que se conservan son muestra de la sólida cultura arquitectónica y constructiva. El análisis de estos documentos permite reconstruir lo que se conoce como *regola d'arte* (regla de arte), que es el conjunto de reglas constructivas, generalmente transmitidas oralmente a través de la práctica profesional, que garantizan el buen comportamiento del muro y aseguran su monolitismo (Donà et al. 2011). Esta cultura arquitectónica y constructiva, la cultura de la restauración en la que Italia ocupa también un destacado lugar, y la necesidad de intervenir después de los frecuentes terremotos, ha favorecido el desarrollo de un sólido conocimiento histórico-constructivo y una metodología científica para el análisis y caracterización de las estructuras de fábrica en ese país. El documento producido por el *Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione* (ICCD, 2013) en Italia resume las distintas fases de este proceso situando su inicio en el trabajo del ingeniero Antonino Giuffrè (1991). Este autor es el primero en proponer una evaluación de la calidad de un paramento de fábrica de piedra, y a través del estudio de la *regola d'arte* local clasifica los tipos de muro prevalentes en la región de Ortigia (Giuffrè 2006). Las investigaciones subsiguientes contribuyen a desarrollar una metodología basada en la interdisciplinariedad y el conocimiento de las técnicas y soluciones constructivas a nivel local, que adopta el uso de fichas técnicas como herramienta clave para la recolección sistemática de los datos in situ.

Siguiendo esta metodología de estudio, el estudio histórico de la construcción realizado por Renzo Chioveli (2007) en Viterbo demuestra cómo una investigación sistemática de las fábricas de piedra contribuye a escribir la historia de la arquitectura, combinando el trabajo de campo con el estudio de la documentación de archivo. Tomando esta documentación como base consigue, a través de un análisis gráfico y dimensional, caracterizar las mamposterías e identificar y documentar las técnicas constructivas empleadas, diferenciando las distintas etapas del periodo medieval.

Otro ejemplo de calificación de los muros en relación a su comportamiento estructural es el llamado *método dell'Indice di Qualità Muraria (IQM)* (método del índice de la calidad de los muros) (Donà et al. 2011). Este método evalúa la calidad de la fábrica a partir de la identificación visual *in situ* de las distintas características que definen la *regola d'arte* de la construcción de una pared. El resultado proporciona un índice que permite calificar el comportamiento de

la fábrica frente a las distintas acciones a las que está sometida.

Metodología

A diferencia de Italia, Escocia no es una zona sísmica y presenta unas condiciones climáticas más desfavorables. Consecuentemente no sería adecuada una aplicación literal del método italiano, aunque sí podría hacerse con algunas variaciones que lo adapten a las necesidades específicas del territorio. Este estudio busca continuar las ideas de McKean y aprender de la experiencia italiana. Basado en estas dos referencias principales, este artículo presenta un estudio preliminar sobre la morfología de los muros de fábrica de piedra utilizados en la construcción de arquitectura señorial durante los s. XVII y XVIII en Escocia, y propone una metodología orientada a la caracterización constructiva de los muros de piedra en contraposición a los estudios tipológicos, arqueológicos y compositivos antes mencionados. Esta metodología desarrolla en primer lugar un estudio del contexto, en el que se analiza la evolución de las características constructivas generales de los edificios de los s. XVII y XVIII, y continúa con el estudio detallado de dos casos representativos de la época.

El estudio de contexto se realiza aplicando un análisis estadístico. Este tipo de análisis, habitual en campos como la biología (McDonald 2008), se aplica en este caso para evaluar de forma objetiva las características de los edificios de la época. La base de datos analizada está compuesta por 366 edificios seleccionados del grupo designado como Periodo 4 (1542–1700) en el estudio de MacGibbon y Ross (1887), y está elaborada a partir de la revisión bibliográfica de distintas fuentes y bases de datos: MacGibbon y Ross (1887), el catálogo online del *National Record of the Historic Environment (Canmore)*, y el catalogo de edificios de *Historic Environment Scotland*. Cada edificio está caracterizado por diez parámetros que proporcionan una descripción sobre el contexto, la planta, la sección, y los muros de fábrica de piedra del edificio. La tabla 1 lista estos parámetros especificando su abreviación y definiendo el grupo de variable (categórica o cuantitativa) al que pertenecen.

Los muros de fábrica de piedra están caracterizados por 3 de los 10 parámetros definidos: T1 y T2 definen

VARIABLES CATEGÓRICAS	
LOR	Zona geográfica
MT	Tipo de aparejo de piedra predominante en el edificio
NF	Número de plantas promedio sobre el nivel del terreno
NV	Número de plantas abovedadas
PE	Periodo cronológico
PL	Composición/diseño en planta
VARIABLES CUANTITATIVAS	
AA	Superficie construida en PB en m2
MS	Luz máxima en m de planta primera
T1	Espesor de pared predominante en planta baja respecto al total de metros lineales de muro en m
T2	Segundo espesor de pared predominante en planta baja respecto al total de metros lineales de muro en m

Tabla 1
Parámetros definidos para el análisis estadístico.

los espesores de muro prevalentes, y MT define el tipo de aparejo. El objetivo del análisis estadístico es determinar el grado de dependencia entre estos 3 parámetros y los 7 restantes. Para ello se estudian las posibles combinaciones de pares de variables, que pueden ser de tres tipos: (1) categórica-categórica, (2) categórica-cuantitativa, y (3) cuantitativa-cuantitativa. En las combinaciones categórica-categórica se aplica el test exacto de Fisher o la prueba χ^2, según sea el tamaño de la muestra (Agresti 2007); mientras que en las combinaciones categórica-cuantitativa se aplica la prueba de Kolmogórov-Smirnov (Marsaglia et al. 2003). En ambos casos se estudian las variaciones en las distribuciones de la primera variable (categórica o cuantitativa) de acuerdo a los distintos niveles de la segunda (categórica), y se obtiene el p-valor de cada combinación. Las combinaciones cuantitativa-cuantitativa se estudian mediante análisis de regresión (Green et al. 1994) cuyo objetivo es definir la correlación entre ambas. El resultado es el coeficiente de determinación R^2 para cada par de variables. Dependiendo de la significación de los p-valores y los valores R^2, se califica el grado de dependencia entre parámetros (w) en una escala de 0 (mínima dependencia) a 1 (máxima dependencia). El sistema de relaciones de dependencia resultante se visualiza aplicando análisis de redes (Csardi et al. 2006). Los nodos de la red (no-

des) corresponden a cada uno de los parámetros del sistema, mientras que las conexiones entre ellos (edges) están definidas por los valores *w* calculados previamente (figura 1). A partir de las conclusiones obtenidas se seleccionan dos casos de estudio representativos para un análisis detallado de sus fábricas.

La caracterización de las fábricas de piedra toma como referencia el método IQM mencionado anteriormente (Donà et al. 2011). Aunque en este caso el objetivo no es la calificación de la calidad del muro, la identificación de aspectos relacionados con la *regola d'arte* permite definir las características de la fábrica. Debido a la condición de ruina de los edificios seleccionados, el aparejo de los paramentos interior y exterior de los muros es visible e incluso, en algunas áreas, la sección está expuesta. El análisis se realiza a partir de fotografías de ambas caras del muro que comprenden un área de 1 m^2. Para obtener estas imágenes a escala se coloca un bastidor de 1m × 1m sobre el paramento, enmarcando el área seleccionada. Más tarde, las imágenes se procesan de forma semiautomática: primeramente, las fotografías se transforman manualmente en imágenes binarias; posteriormente se analizan mediante un sistema automatizado utilizando procesamiento de imagen.

El análisis de estas imágenes a escala se focaliza en la extracción de valores considerados determinantes en la configuración de los muros:

1) distribución en porcentajes de junta de mortero, ripio, y unidades de piedra
2) coeficiente de regularidad medio de las unidades (CRM), calculado como el área real de la unidad de piedra en alzado dividido entre el área del rectángulo circunscrito
3) altura media de las unidades
4) línea mínima de trazado (LMT) según propuesto por F. Doglioni y G. Mirabella Roberti (2003)
5) continuidad de las hiladas

El análisis de los muros incluye además la identificación de la composición en sección (identificando también el grado de trabazón transversal) y el tamaño y trabazón de las unidades de piedra en los encuentros en esquina.

Los puntos mencionados se definen adaptando los parámetros definidos en el método IQM referido, a la *regola d'arte* identificada en Escocia. Este conjunto de valores caracteriza los muros y posibilita el posterior análisis comparativo de las distintas fábricas.

Estudio de contexto

La Figura 1 muestra el mapa sistema de relaciones de dependencia resultante del análisis estadístico descrito en el apartado anterior. En este sistema, el parámetro más determinante para los espesores de muro (T1 y T2) es el tipo de planta (PL).

El estudio detallado del espesor de muro T1 en relación a los distintos tipos de planta definidos permite identificar dos casos extremos respecto al rango de espesores de muro posibles. Los rangos máximos corresponden a los edificios con plantas tipo *torre* y a las plantas en Z, que pueden tener espesores entre 0.6 m y 2.7 m (en el primer caso) o 0.6 y 3.3 m (en el segundo caso), aunque la mayoría de estos casos varían entre 1.1 m y 1.9 m (el 65% de los casos con planta tipo *torre*) o entre 1 m y 1.5 m (el 73 % de los casos con planta en Z). El caso opuesto es el de los edificios con plantas tipo *Villa*, cuyos espesores varían entre 0.7 m y 1.2 m (rango más reducido) aunque en la mayoría de los casos (71 %) está entre 0.9 m y 1.1 m. El resto de tipos de plantas presenta situaciones

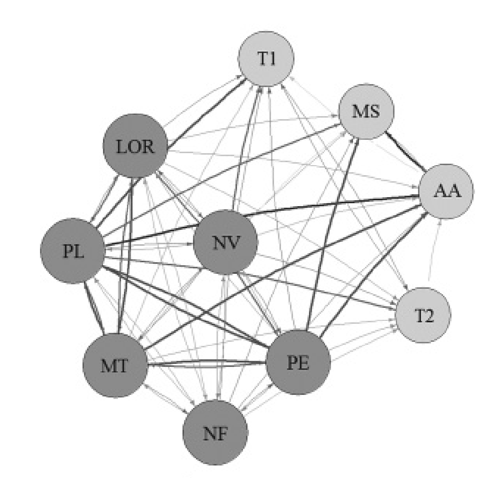


Figura 1
Mapa del sistema de relaciones de dependencia.

intermedias con espesores más frecuentes entre 0.8 m y 1.1 m según el caso.

Las plantas tipo *torre* son habituales anteriormente al s. XVII, mientras que los edificios tipo *Villa* aparecen a finales del XVII. El análisis del espesor T1 respecto al periodo de construcción (PE) confirma la sabida tendencia a reducir el espesor de los muros con el paso del tiempo, y permite identificar valores específicos. Los edificios construidos anteriormente al s. XVII (80 casos) tienen espesores de muro en planta baja que varían entre 0.7 m y 2.3 m, siendo 1.1 m el valor más habitual (figura 2-A). En cambio, aquellos construidos durante los s. XVII y XVIII (56 casos) tienen un rango más reducido, con espesores inferiores a 2 m, siendo el valor más habitual 0.9 m (figura 2-C). Finalmente, los edificios cuya construcción es anterior al s. XVII pero que incorporan alteraciones o extensiones de los s. XVII y XVIII (81 casos) presentan una situación intermedia (figura 2-B).

Parámetros como el número de plantas (NF) o la luz máxima en la primera planta (MS) suelen ser determinantes en el diseño y definición del espesor de muro ya que están directamente relacionados con el nivel de solicitación de la estructura. Contrariamente, en el mapa de dependencias no comparten una conexión relevante con los espesores (T1, T2) o el tipo de aparejo (MT). Esto es debido a que todos los edificios de la muestra tienen valores parecidos. En el caso de NF, la mayoría de los edificios considerados (81 %) están compuestos por 3 o 4 plantas. Igualmente en el caso de MS, el 87 % de los edificios tienen luces inferiores a 6.5m. Sin embargo, el número de plantas abovedadas (NV) comparte una relación de dependencia discreta con T1 a pesar que la mayor parte de los edificios (81 %) tiene solamente una de sus plantas abovedada (normalmente el nivel inferior). El estudio detallado de estos dos parámetros muestra una cierta tendencia a crecer del espesor de muro cuando incrementa el número bóvedas. Así pues, edificios con 2 o más plantas abovedadas tienen espesores de muro mayores de 1.1 m, mientras que edificios sin bóvedas suelen tener espesores entre 0.9 m y 1 m. Sin embargo, la situación más habitual (sólo una planta abovedada) presenta una distribución homogénea con un amplio rango de espesores (entre 0.7 m y 2.5 m), y un ligero pico entre 0.9 m y 1.1 m que representa el 42 % de los casos.

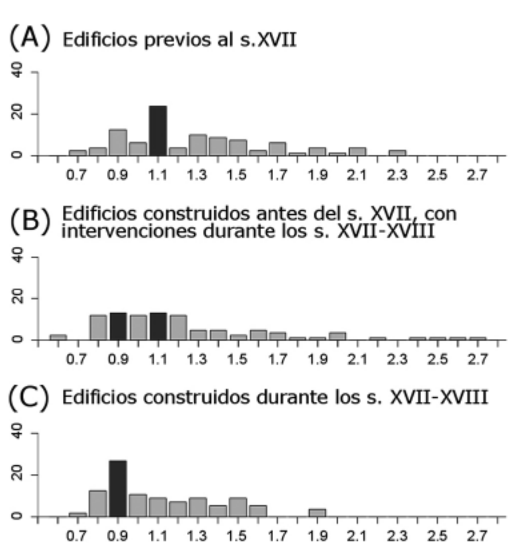


Figura 2
Histogramas T1 vs. PE. El eje X corresponde a los espesores de muro (T1) en cm. El eje Y define frecuencia en porcentajes.

Finalmente, el tercer parámetro que caracteriza las fábricas es el tipo de aparejo (MT). MT, T1 y T2 no tienen una interdependencia directa relevante en el sistema, pero todos están conectados con el tipo de planta (PL). El estudio del tipo de planta PL respecto al tipo de fábrica MT, destaca que la mayoría de los edificios (88 %) están construidos con fábrica ordinaria regular o irregular. La planta tipo *Villa* es el único tipo de planta que incluye en todos los casos sillería, ya sea en una parte o en todo el edificio.

En conclusión, se identifica una tendencia decreciente en el tiempo del espesor de los muros de la planta de acceso, en la que se abandonan los valores superiores a 2 m y los espesores más habituales pasan de 1.1 m a 0.9 m. El parámetro más condicionante en este proceso es el tipo de planta, aunque cabe remarcar la influencia discreta del número de bóvedas en el sistema. En cambio, parámetros como el número de plantas o la luz del espacio interior no son determinantes debido a que la mayoría de los edificios de la muestra tienen los mismos valores. Finalmente, la identificación de sillería en todas las plantas tipo *Vila*, habituales en el s. XVIII, podría interpretarse como un indicador de evolución en el uso del tipo de fábrica.

Análisis de los casos de estudio

Como hemos visto, el estudio de contexto identifica una evolución de las mamposterías utilizadas durante los s. XVII y XVIII, tanto en términos de espesor como de tipo. Considerando este resultado se seleccionan dos casos de estudio, uno de inicios del s. XVII y otro de finales del XVIII para analizar en detalle esta evolución.

Gilbertfield Castle

El primer caso de estudio es Gilbertfield Castle (figura 3), construido cerca de Glasgow con fábrica ordinaria. Gilbertfield Castle corresponde al tipo de edificio conocido como casa-torre, habitual durante s. XVI aunque sus últimos exponentes datan de principios del XVII. La planta presenta una geometría en L, con el nivel inferior abovedado y los tres niveles superiores originalmente formados con forjado de viguetas. De autor desconocido, el año 1607 tallado en una de sus piedras es la única evidencia de la fecha de su construcción. La presencia de alguna inconsistencia en el grueso de las paredes de fachada y discontinuidades en las hiladas podría ser indicios de intervenciones de las que no existe evidencia documental.

De la planta original en L hoy sólo queda en pie la estructura de piedra del ala noroeste dejando vista la sección del edificio (figura 3). En planta baja se definen 5 espesores distintos de muro (figura 4). Las particiones interiores están formadas por muros de piedra de una sola hoja, de entre 30 cm y 35 cm de espesor. Las fachadas tienen un espesor de muro de unos 85 cm, excepto en dos casos: el tramo de fachada oeste correspondiente a la escalera, que mide 65 cm; y la fachada sur, que tiene un espesor de 100 cm. En este último caso, el muro está seccionado en toda su altura quedando a la vista su composición. La sección en PB está compuesta por dos hojas exteriores de fábrica ordinaria regular y un núcleo interior compacto a base de mortero y piedras de distintos tamaños bien acuñadas. La presencia de elementos de conexión transversal (trabas) es un indicador de un buen grado de trabazón en sección. En las plantas superiores el corte ocurre por las aberturas, donde los antepechos están formados por una hoja de piedra de 40 cm de espesor pese a que el total de fachada es 85 cm.

Las imágenes A y B (figura 5) corresponden respectivamente a la cara exterior e interior de la fachada sur (figura 4). En la cara exterior (figura 5-A), el 17.6 % de la superficie corresponde a las juntas de mortero, mientras que el resto se divide entre un 77 % de bloques de piedra y un 5.4 % de ripio. El coeficiente de regularidad medio de las unidades (CRM) es de 0.82, la altura media de las unidades es de 26 cm, y la línea de mínimo trazado (LMT) 109.5 cm. En este caso pueden identificarse 3 hiladas completas

Figura 3
Ala noroeste del castillo Gilbertfield.

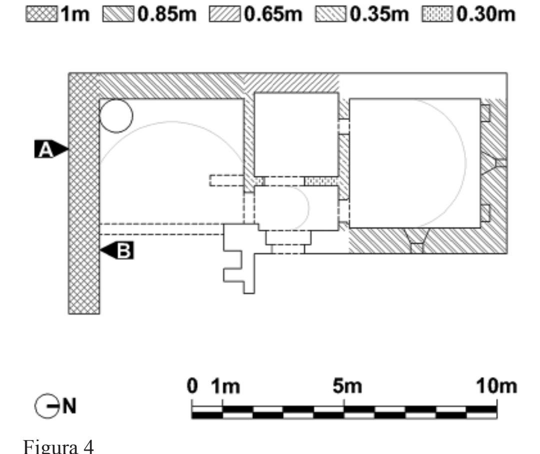


Figura 4
Planta baja del castillo Gilbertfield con indicación de los distintos espesores de muro. A y B definen la posición de las imágenes de $1m^2$ obtenidas a nivel de planta baja.

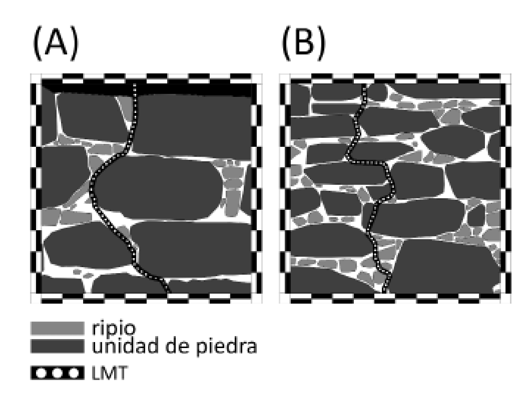


Figura 5
Imágenes a escala (1 m²) de la fachada sur del castillo Gilbertfield. A) Cara exterior, y B) interior.

más o menos continuas, de altura variable. La cara interior (figura 5-B) mantiene el mismo porcentaje de juntas de mortero (17.6 %), disminuyendo los bloques de piedra al 71.4 % e incrementando el ripio al 11 %. El CRM se mantiene en 0.81 y la altura media de las unidades baja a 12 cm. En este caso es difícil identificar hiladas, pero la LMT crece levemente hasta 118.9 cm. Ambos paramentos tienen características parecidas aunque la cara exterior está compuesta por unidades de mayor tamaño que la interior.

Finalmente, los remates en esquina están formados por una alternancia regular de unidades de piedra de tamaño medio 66 cm × 29 cm × 35 cm correspondientes a la base, altura y profundidad respectivamente.

Dalquharran Castle

El segundo caso de estudio es Dalquharran Castle, en el South Ayrshire (figura 6), diseñado y construido con sillería por el arquitecto Robert Adam a finales del s. XVIII siguiendo los cánones neoclasicistas conocidos como «Adam Style» (Davis 1991). La ampliación posterior documentada de las alas laterales es difícil de distinguir a simple vista, aunque puede corroborarse a través de una observación detallada de la fábrica existente. La planta del edificio es rectangular y podría clasificarse como una *Villa compacta*. El edificio está compuesto por una planta baja y dos niveles principales de forjado ligero. El sótano, probablemente above-



Figura 6
Imagen de la fachada noroeste del castillo Dalquharran.

dado, ventila a través de un patio ingles que discurre alrededor de todo el perímetro del edificio .

La estructura de piedra del castillo Dalquharran se mantiene prácticamente intacta pese a su condición de ruina, y está compuesta por paredes de distintos espesores en planta (figura 7). Las fachadas y muros

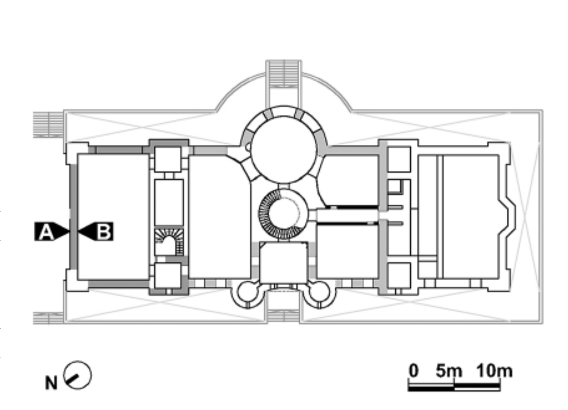


Figura 7
Planta baja del castillo Dalquharran con indicación de los distintos espesores de muro identificados in situ. A y B definen la posición de las imágenes de 1m² fotografiadas a nivel de planta baja.

portantes de la parte original del edificio (parte central) tienen espesores entre 110 cm y 95 cm, mientras que los de la extensión posterior (alas laterales) presentan espesores de 85–70 cm. Finalmente, las particiones interiores son de 30–35cm de espesor.

Las imágenes A y B de la figura 8 corresponden respectivamente a la cara exterior e interior de la fachada noreste, según se indica en la Figura 7. El muro estudiado tiene un espesor de 85 cm tanto en PB como en los niveles superiores. En el caso de la imagen correspondiente a la cara exterior (figura 8-A), las juntas representan el 2.9 %, mientras que el 97.1% restante corresponde a las unidades de piedra. No se detecta presencia de ripios, y el coeficiente de regularidad medio de las unidades (CRM) es igual a 1 (sillares con aristas rectas). La altura media de las unidades es de 30 cm, y la línea de mínimo trazado (LMT) 168 cm. Las hiladas son continuas en todo el perímetro del edificio, coincidiendo con las aberturas y demás elementos de composición de la fachada. La imagen B (figura 8-B) presenta unas características diferentes. En este caso, el porcentaje de piedra es del 80 %, las juntas representan el 16.4 %, y el 3.6 % restante es ripio. El CRM desciende a 0.84, y la altura media a 26 cm. La LMT también presenta un valor inferior, igual a 107.9 cm. Sin embargo se mantiene la continuidad en las hiladas.

Debido al buen estado de conservación de la estructura, la sección del muro no es visible en ningún punto del edificio. Pese a todo, la comparación de las imágenes A y B definen una pared compuesta por una hoja exterior de sillería y una interior de fábrica ordinaria, construidas manteniendo la continuidad de las hiladas en todo el edificio. El espesor total de 85 cm podría incorporar núcleo interior. La observación detallada de los alzados interior y exterior del muro permite identificar la presencia regular de los elementos de conexión transversal referidos en el caso anterior, e indicativos de una buena trabazón en sección. Finalmente, las esquinas están formadas por una alternancia regular de unidades de piedra de tamaño medio 92 cm × 31 cm × 33 cm correspondientes a la base, altura y profundidad respectivamente.

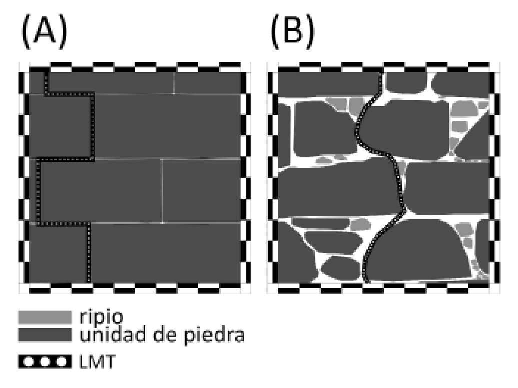


Figura 8
Imágenes a escala (1 m^2) de la fachada sur del castillo Dalquharran. A) Cara exterior, y B) interior

Discusión de los resultados

La definición de parámetros cuantificables posibilita la caracterización y comparación objetiva de las distintas fábricas.

Los muros analizados tienen características diferentes. Por un lado, el muro del castillo Gilbertfield, edificio tipo casa-torre de inicios del s. XVII, tiene una sección variable en altura, de espesor 100 cm en planta baja y 85 cm en las plantas superiores. Por otro lado, el muro del castillo Dalquharran, edificio tipo *Villa* de finales del XVIII, tiene una sección vertical de 85 cm de espesor tanto en planta baja como en los niveles superiores.

En el caso del castillo Gilbertfield se identifica una fábrica ordinaria (5.4 % de ripio en el exterior y 11 % en el interior) con unidades de piedra irregulares ligeramente labradas en algunos casos (coeficiente de regularidad 0.8), compuesta por un núcleo interior compacto y dos hojas con el mismo porcentaje de junta (17.6 %) pero con unidades de tamaño mayor en el exterior. Las hiladas no son continuas en todo el edifico, y la traba en alzado no se respeta ya que las LMT interior y exterior presentan valores inferiores a 140 m. Por otro lado, el castillo Dalquharran está compuesto por una fábrica de dos hojas con características diferentes. La hoja exterior es de sillería con juntas muy finas (2.9 %) y sillares escuadrados (coeficiente de regularidad 1). El paramento interior es de una fábrica ordinaria con características muy parecidas a la hoja exterior del castillo Gilbertfield, aunque en este caso las hiladas horizontales se mantienen continuas en todo el perímetro del edificio para ambos paramentos. La traba en alzado se cumple parcialmente, ya que sólo el paramento

exterior presenta una LMT mayor a 160 m. En cambio, las fábricas de ambos casos tienen una buena traba en sección debido a la presencia de conectores, y las esquinas también tienen una correcta alternancia de elementos aunque las dimensiones varían de un caso a otro.

Conclusión

Los s. XVII y XVIII son un periodo fundamental en la evolución de la arquitectura en Escocia. Este estudio preliminar centrado en las residencias aristocráticas y señoriales construidas durante este periodo permite reconocer la evolución de su arquitectura a través de los cambios en el diseño y morfología de los muros. La complejidad de estos edificios, muchas veces compuestos por distintas fases constructivas, requiere el desarrollo de una metodología adecuada. El estudio de las fábricas es fundamental para entender la arquitectura del periodo, no siempre documentada en archivos, y así informar los proyectos de restauración.

La metodología propuesta comienza con el estudio de contexto a través de un análisis estadístico que identifica la reducción del espesor de los muros con el tiempo. A través de este análisis se establece que los muros de más de 2 m de espesor en la planta acceso desaparecen en el s. XVIII, y la mayoría de los espesores de muro disminuyen aproximadamente 20 cm entre el s. XVI y finales del XVIII, resultando en valores cercanos a 90 cm. Por otro lado, la identificación de sillería en todas las plantas tipo *Villa*, habituales a finales del s. XVIII y principios del XVIII, podría interpretarse como un indicador de la evolución arquitectónica, cada vez más eficiente y planeada. La segunda parte del estudio analiza en detalle las fábricas de dos casos de estudio representativos: uno de principios del s. XVII y otro de finales del s. XVIII. El análisis tiene como referencia principal la extensiva experiencia italiana en este tipo de análisis y define parámetros específicos que posibilitan la automatización parcial del proceso empleando técnicas de procesamiento de imagen. El estudio comparativo de los resultados evidencia un grado de diseño superior en la fábrica perteneciente al edificio de finales del s. XVIII que parece estar relacionado con el desarrollo de la profesión de arquitecto. Esta mampostería tiene una hoja exterior de sillares perfectamente escuadrados, hilaras de 30cm de altura y juntas muy finas (2.6%) continuas en todo el perímetro del edificio; mientras que el caso de principios del XVII está compuesto por una mampostería ordinaria con un 17.6% de junta, bloques mas irregulares e hiladas de una media de 26cm de altura en la cara exterior. No obstante, es necesaria la aplicación de esta metodología en un número mayor de casos para verificar estas hipótesis, y es así como la investigación continua actualmente. El objetivo final es crear un conocimiento histórico-constructivo detallado de la arquitectura del periodo que contribuya a la correcta interpretación y consecuente conservación de este importante patrimonio.

Agradecimientos

Esta investigación está financiada por la *University of Strathclyde* e *Historic Environment Scotland* (HES). Los autores agradecen a David Mitchell, Colin Tennant y a su equipo en HES por su apoyo. Un particular agradecimiento a Antonella Negri, arquitecta restauradora directora en el *Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione* del *Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo* (Italy) y al arquitecto restaurador y profesor Renzo Chiovelli por compartir su extraordinaria experiencia. Agradecer también a Charles Wemyss y a los propietarios de los edificios estudiados en este artículo por su generosa ayuda y colaboración.

Lista de referencias

Agresti, A. 2007. An Introduction to Categorical Data Analysis. *John Wiley & Sons*, 30. New York

Chiovelli, Renzo. 2007. *Technique costruttive murarie medievalli. La Tuscia. Storia della tecnica edilizia e restauro dei monumenti.* Roma.

Colvin, Howard. 1986. The Beginnings of the Architectural Profession in Scotland. *Architectural History.* SAHGB Publications Limited. 29: 168–182.

Csardi, Gabor y Nepusz, Tamas. 2006. The igraph software package for complex network research. *InterJournal*. Complex Systems: 1695.

Davis, Michael C. 1991. *The Castles and mansions of Ayrshire*. Publicación privada. Scotland: Argyll.

Doglioni, F. y Mirabella Roberti, G. 2003. *Prove sperimentali speditive e valutazioni di vulnerabilità delle muratu-*

re, in Monumenti & Terremoti- Nuove esperienze di analisi di vulnerabilità-pericolosità sismica. Ministero per i Beni e le Attività Culturali, Istituto Centrale per il Restauro, 93–106. Roma.

Donà, Chiara y De Maria, Alessandro. 2011. *Manuale delle murature storiche. Volume I: Analisi e valutazione del comportamento strutturale*. Dei Tipografia del Genio Civile. Roma.

Dunbar, John G. 1966. *The Architecture of Scotland.* B. T. Batsford Ltd. London.

Dunbar, John G.; Fisher, I.; Hay, G.D.; Fenton, A.; Walker, B. y Dent, J.S. 1976. *Building Construction in Scotland: Some Historical and Regional Aspects.* Scottish Vernacular Buildings Working Group.

Giuffrè, Antonino. 1991. *Letture sulla meccanica delle murature storiche*. Edizioni Kappa.

Giuffrè, Antonino. 2006 *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia. Codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico*. Editori Laterza.

Gonzalez-Longo, C. y Theodossopoulos, D. 2012. From Master Mason to Architect: James Smith's Construction Techniques at the End of 17th Century in Scotland. *Nuts & Bolts of Construction History: Culture, Technology and Society.* Proceedings of the 4th International Conference of Construction History. Vol.2: 37–45. Picard: Paris.

Gonzalez-Longo, C. 2013. James Smith and Rome. *Architectural Heritage. Vol.*2:75–96.

Green, P. J. y Silverman, B. W. 1994. *Nonparametric Regression and Generalized Linear Models: A Roughness Penalty Approach.* Chapman and Hall. London

ICCD Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione. 2013. *Criteri di descrizione delle tecniche murarie per la predisposizione di moduli schedografici codificati*. Ministero per i Beni e le Attività Culturali. Roma.

McDonald, John H. 2008. *Handbook of Biological Statistics*. Sparky House Publishing. Maryland: Baltimore.

MacGibbon, David y Ross, Thomas. (1887–92). *The Castellated and Domestic Architecture of Scotland from the Twelfth to the Eigteenth Century*. Scotland: Edinburgh.

MacGibbon, David y Ross, Thomas. (1896–97) The Ecclesiastical Architecture of Scotland from the earliest Christian times to the seventeenth century, 3 vols.

Marsaglia, George; Tsang, Wai Wan y Wang, Jingbo. 2003. Evaluating Kolmogorov's distribution. *Journal of Statistical Software.* Vol.8, Issue 18.

McKean, Charles. 2001. *Scottish Chateau: The Country House of Renaissance Scotland*. Sutton Publishing. Gloucestershire: Thrupp.

McKean, Charles. 2003. The architectural evolution of Innes House, Moray. *Society of Antiquaries of Scotland.* 133: 315–342.

Naismith, Robert J. 1985. *Buildings of the Scottish Countryside*. Gollancz. London.

Wemyss, Charles. 2014. *Noble Houses of Scotland*. Prestel. London.

Zeune, Joachim. 1992. *The last Scottish castles: Investigations with particular reference to domestic architecture from the 15th to the 17th century*. Serie Internationale Archaologie. Publicado por Verlag Marie L. Leidorf.

Monteas, trazas y rasguños. Una muestra del «Cuaderno de Cantería» localizado en los muros de la antigua iglesia del Colegio de los Jesuitas (La Clerecía) de Salamanca

Alexandra M. Gutiérrez Hernández

Durante las excavaciones arqueológicas llevadas a cabo en el conjunto jesuita, entre 1996 y 1998, el profesor M. Á. Aramburu-Zabala localizó entre los muros de la iglesia una serie de monteas que, entendemos, no han gozado de la repercusión que merecen. Es por ello que en las páginas que siguen daremos a conocer otro pedazo del enorme conjunto allí localizado, inédito hasta ahora, no sin antes detenernos por un momento en la problemática que vemos con respecto al término montea y con algunos de los sinónimos de la palabra que se están empleando en algunas publicaciones.

Repertorio léxico y definiciones

Traza, rasguño, además de grafito, lineamento o grafiti son algunos de los términos que se han venido empleando como sinónimos del vocablo Montea, pero no creemos que todos puedan aplicarse en este sentido. En primer lugar, creemos conveniente una revisión en torno a la definición que se puede localizar en distintos tratados y diccionarios sobre la palabra montea. Sin entrar en todas las acepciones existentes, en general, se entiende por montea el «Trazado del despiezo y los detalles de una obra, a tamaño natural, para la obtención de plantillas o dimensiones. Se ejecutaba sobre un tendido de yeso en el suelo o en la pared, y en ocasiones se grababa con punzón en paramentos de piedra ya construidos» (Rabasa 2007, 36).

Pero nosotros pensamos que las definiciones consultadas están incompletas,[1] por ello y siempre teniendo presente nuestras experiencias en torno al estudio y localización de monteas, entendemos que una montea sería la traza de una pieza arquitectónica ejecutada en los paramentos o suelos del edificio que se está construyendo, pudiendo estar a tamaño real o a escala reducida localizada, bien en los alrededores de la pieza concreta que va a llevarse a cabo, o bien en alguna zona de la fábrica misma habilitada como taller de cantería. La montea se habría realizado con ayuda de los utensilios propios del oficio y, en ocasiones, podemos encontrar superposición de trazas puesto que era habitual, aunque no siempre tenía por qué hacerse de este modo, para su realización, tender una base de lechada para preparar el soporte, ejecutar la montea correspondiente y una vez que ya no era necesaria, podía reaplicarse una nueva capa de yeso sobre la que se volvía a trazar un nuevo rasguño. Por este motivo, algunas de las líneas traspasaban del yeso a la propia piedra y los trazos quedaban mezclados. Además, estos lineamentos sobre soporte pétreo servían para la creación de plantillas con las que poder labrar elementos en serie, así como otras piezas de mayor especificidad tales como molduras, y ayudaban a los canteros con el corte de dovelas en serie, siempre que fuese necesario.

Acerca de los sinónimos antes mencionados, empezaremos descartando la palabra grafiti, por tratarse de una «Firma, texto o composición pictórica realizados generalmente sin autorización en lugares públicos, sobre una pared u otra superficie resistente» (RAE 2017,

1ª). Con respecto a la palabra grafito, entendida ésta como «Escrito o dibujo hecho a mano por los antiguos en los monumentos» (RAE 2017, 2ª), pensamos que puede resultar complicado su empleo como equivalente a la palabra montea en toda ocasión. Ya que cuando queremos diferenciar una montea arquitectónica realizada sobre los paramentos de un edificio en piedra con alguna especie de tinta en lugar de estar grabada con punzón o cincel, utilizamos para ello el término grafito, pero no lo empleamos siempre como sinónimo, puesto que establecemos esa diferenciación.

En cuanto al empleo de la voz rasguño y, aunque en ocasiones nos ha provocado algunas dudas, sobre todo porque la Real Academia Española asocia su definición a la pintura, pensamos que puede aplicarse también al término que nos ocupa; atendiendo a su acepción, un rasguño es un «Dibujo en apuntamiento o tanteo» (RAE 2017, 3ª). Sin embargo, el término lineamento no nos causa mayor problema: «Delineación o dibujo de un cuerpo, por el cual se distingue y conoce su figura» (RAE 2017, 4ª); puede ser perfectamente aplicable a las monteas.

Ahora bien, el vocablo traza, dependiendo del contexto en el que se emplee, puede hacer referencia a una montea como tal, o bien puede tratarse del diseño de la fábrica que va a ejecutarse, destinada sobre todo a «comprobar la viabilidad de los proyectos, fijar sus pormenores y trasladarlos, no tanto al promotor, sino a los profesionales encargados de su materialización última» (Ibáñez 2014, 314). En este sentido, se realizaba sobre todo en papel o pergamino y podía trasladarse con relativa facilidad y comodidad. Pero las trazas de este tipo no servían para hacer los cortes en la piedra, más bien ofrecían una visión de la obra en su conjunto.

Nos gustaría terminar este apartado señalando la importancia del correcto empleo de la terminología, puesto que es el lenguaje el que nos va a permitir la difusión de todos estos elementos que son parte intrínseca de la historia de la arquitectura, para favorecer su estudio y conservación frente al desconocimiento de quienes no se encuentran familiarizados con los sistemas operativos propios de las fábricas edilicias.

Un «Cuaderno de Cantería» en los muros de una iglesia

Algunas de las trazas halladas entre los muros de la iglesia del antiguo Real Colegio de la Compañía de Jesús de Salamanca, actual Clerecía, ya fueron dadas a conocer en su día (Aramburu-Zabala 2000). Sin embargo, a pesar de la importancia de la publicación indicada, fueron apenas cinco las trazas que vieron la luz. Teniendo siempre presente ese excepcional trabajo, nuestra meta es ampliar y complementar la información aportada y llamar la atención de aquellos que desconocían su existencia.[2] Son numerosas las monteas que hemos conseguido localizar, muchas de ellas con la problemática que entraña la superposición de trazas, lo que aumenta el número de rasguños además de la dificultad a la hora de interpretarlos.[3] Nos resulta imposible incluir aquí todas las trazas halladas; por ello hemos seleccionado algunas de las que consideramos más atractivas, bien sea por sus propias características, bien por la cantidad de monteas que se entremezclan, así como por la belleza que contienen.

Una problemática habitual

Antes de abordar los ejemplos seleccionados, nos gustaría exponer una problemática a la que nos estamos enfrentando con relativa frecuencia. El escaso conocimiento que se tiene, en general, en torno al Arte de la Montea, provoca situaciones como esta (figura 1), en la que se ha colocado una placa conmemorativa justo sobre una traza ubicada en uno de los pilares del interior de la iglesia de La Clerecía. El hecho de que se instalase esta placa impide un estudio pormenorizado del rasguño en cuestión. No podemos saber si estamos ante la montea para configurar una bóveda o una escalera, por ejemplo. Ojalá se tratase de un caso aislado, pero nada más lejos de la realidad. En la Catedral Nueva de Salamanca nos hemos visto frente a un obstáculo similar en una montea situada en el muro interno del lado de la Epístola, tras pasar por la Puerta del Nacimiento (figura 2). Sobre el paramento se ha colocado una cruz conmemorativa además de una pila bautismal. Pero, en esta ocasión, la dificultad aumenta, ya que se trata de una superposición de monteas, complicándose aún más la labor investigadora.

Desafortunadamente, tenemos más ejemplos de este tipo, pero lo que pretendemos resaltar con ellos es la importancia que tiene el conocimiento de este Arte, no sólo entre los especialistas que nos interesamos en su estudio, sino también entre el público ge-



Figura 1
Placa conmemorativa sobre una montea en la iglesia de la Clerecía. Foto de la autora.



Figura 2
Cruz conmemorativa y pila de agua bendita sobre una superposición de monteas en la Catedral Nueva de Salamanca. Tratamiento digital del arquitecto José Santos Torres sobre fotografía de la autora.

neral que visita las construcciones pétreas que pueblan la geografía española. Por supuesto, los grafitis, entendidos en esta ocasión como vandalismo, que proliferan en los monumentos, aparte de dañar el patrimonio, obstaculizan igualmente nuestras investigaciones y hemos podido verlo durante los trabajos realizados en esta iglesia, entre otras.

Además, algunas de las intervenciones llevadas a cabo en las fábricas, con bastante agresividad, han provocado la pérdida irreparable de monteas así como de otros elementos de importancia para los historiadores, incluida la propia pátina de la piedra. Nos referimos al empleo, con la excusa de limpiar y mantener la piedra, de ciertas herramientas con las que se han pulido los muros en muchas construcciones históricas. También el hecho de colocar una capa de yeso sobre las mismas nos impide observar no sólo las monteas o marcas de cantero, si no asimismo los posibles cambios o parones en la obra, que pueden apreciarse en la propia calidad, forma y unión de las distintas dovelas que componen el muro en cuestión.

Ejercicios pétreos

Por cuestiones de tiempo y espacio, hemos decidido hacer una pequeña aunque interesantísima selección, con la que pretendemos engrosar la lista de los edificios construidos en piedra en España que contienen estos importantes hallazgos. Al disponer de una gran cantidad de monteas, el repertorio elegido pretende mostrar algunos de los ejemplos más destacados por su complejidad, además de su belleza. Los distintos rasguños localizados se encuentran repartidos a lo largo de los pasillos que comunican las capillas laterales, así como en los pilares y en los paramentos del crucero.

Empezaremos con una montea en la que podemos ver el despiece para la ejecución de un arco adintelado (figura 3) que no aparece a escala 1:1, y que tiene una altura de 43 cm. En la imagen podemos ver algunos fallos y correcciones en la parte central, así como dos círculos enlazados en la parte inferior izquierda. Pensamos que se trata de la montea de los arcos adintelados que separan los pasillos que comunican las capillas entre contrafuertes y que culmina en el arco fajón de medio punto que soporta la bóveda de aristas de las capillas laterales. Además, proliferan varios ejemplos de diferentes tipos de arcos en los paramentos de la iglesia jesuita: arco de medio punto, carpanel o escarzano (Aramburu-Zabala 2000, 355). Es importante destacar en este punto que, en los tratados que versan sobre el «Arte de la Montea» o los «Cortes de Cantería», los autores de los mismos incluyen numerosos ejemplos del despiece de los diferentes tipos de arcos.[5]

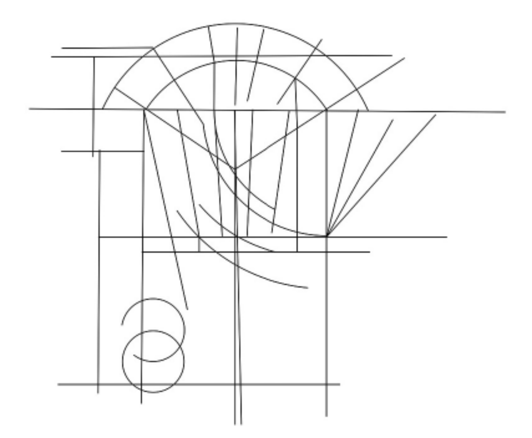


Figura 3
Arco adintelado. Tratamiento digital de José Santos Torres a partir de una fotografía de la autora.

En el segundo ejemplo (figura 4), se muestra el despiece para la realización de un arco de medio punto, con una altura de 30 cm y una anchura de 50 cm, que tampoco se presenta a escala real. Las monteas en las que se muestra el desarrollo del despiece de arcos de medio punto son una de las más habituales, al menos en los edificios que hemos tenido la oportunidad de escudriñar. En cuanto a los elementos arquitectónicos que podemos ver construidos en el interior del templo proliferan los arcos de medio punto, por lo que no es de extrañar que haya varios ejemplos que presenten estas características.

Una de las monteas que más han llamado nuestra atención por su calidad y belleza, muestra el desarrollo de un entablamento de orden dórico (figura 5), en el que se distinguen todas sus partes: la cornisa, que desarrolla a su vez el cimacio y el alero; el friso, el arquitrabe y el arranque del capitel que se presenta únicamente abocetado.[4] No se encuentra a escala real ya que, en cuanto a sus dimensiones, tiene una anchura máxima de 13 cm. Pensamos que se corresponde, con ciertas variaciones, con el entablamento que recorre el perímetro del templo. Al encontrarse en un tamaño bastante reducido creemos que podía tratarse de un primer diseño que, una vez aprobado, se realizaría a tamaño natural para proceder al corte de las distintas piezas que lo componen. Tal vez durante el proceso constructivo, entre lo proyectado y lo ejecutado, hubo algún tipo de cambio con respecto al diseño inicial, bien por deseo del arquitecto o quizás por cuestiones relacionadas con las proporciones o firmeza de la obra.

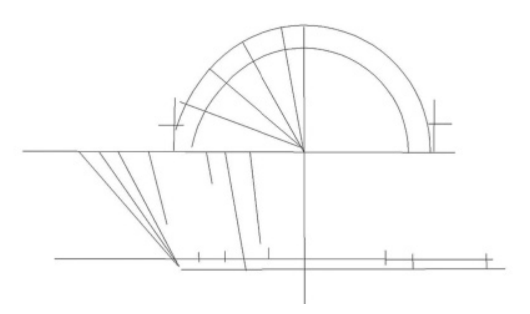


Figura 4
Arco de medio punto. Tratamiento digital de José Santos Torres a partir de una fotografía de la autora.

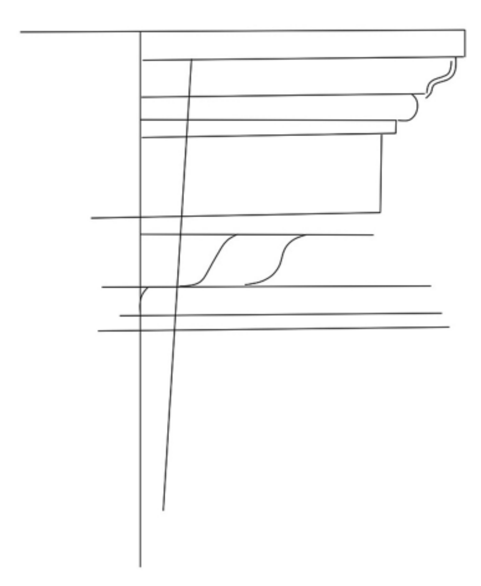


Figura 5
Entablamento de orden dórico. Tratamiento digital de José Santos Torres a partir de una fotografía de la autora.

Aunque estos tres primeros ejemplos puedan mantener similitudes con algunos de los elementos arquitectónicos realizados en el interior de la iglesia jesuita no servirían, sin embargo, para la realización del despiece real de dichas piezas al no estar realizados a escala 1:1. Con las monteas a tamaño natural podían elaborarse plantillas[6] que ayudaban a los canteros con la ejecución de piezas en serie. Con ellas los

operarios de la piedra podían establecer los perfiles de las piezas que requerían más detalle, y labrar las dovelas siguiendo esos patrones.

A continuación vamos a exponer dos casos de alta complejidad. En algunos de los muros de los pasillos que comunican las capillas laterales de la iglesia del antiguo Real Colegio de Jesús, hemos encontrado una auténtica amalgama de líneas curvas y rectas, circunferencias completas e inacabadas, rosetones, arcos, numerosos puntos de compás, etc. Esos lienzos de paramento, situados justo antes del crucero, presentan una anchura de 208 cm y una altura total de 320 cm; son los más grandes de los pasillos. El primer ejemplo seleccionado se encuentra en el lado del Evangelio (figura 6), y en él pueden observarse un gran número de monteas, de diferentes tamaños y con distintas formas, unas sobre otras, haciendo más difícil si cabe el trabajo en ellas. En esta amalgama de formas, destacan, a simple vista, los perfiles de varios balaustres, y cuyas dimensiones oscilan entre los 37 y 18 cm de altura y anchura máxima, respectivamente. En la zona inferior derecha se distingue el despiece de un arco de medio punto. Además, hay otras figuras, como rosetas y partes de circunferencias, algunas incompletas; así como un gran número de líneas rectas, curvas y diagonales que atraviesan el lienzo murario en varias direcciones.

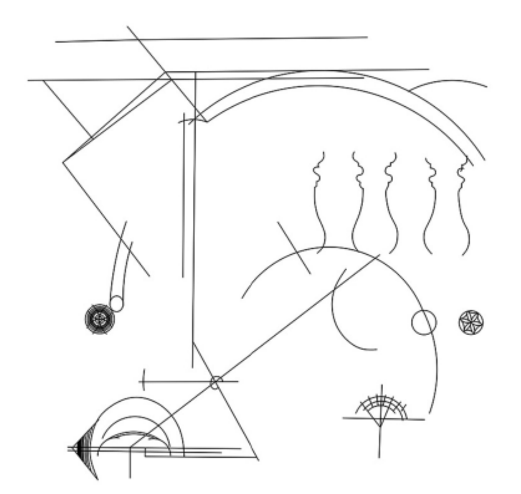


Figura 6
Superposición de monteas. Lado del Evangelio. Tratamiento digital de José Santos Torres a partir de una fotografía de la autora.

Finalmente presentamos otro de los muros de los pasillos que comunican las capillas laterales de la iglesia con una gran cantidad de monteas, esta vez, en el lado de la Epístola (figura 7). La superposición en estos paramentos es mucho mayor y más evidente. Hay un predominio claro de líneas curvas frente a las rectas. En la parte central inferior, llama la atención lo que podría haber sido la montea para una bóveda. De gran tamaño, desde el mismo punto de compás contabilizamos un total de seis círculos concéntricos, aunque incompletos. En el lado izquierdo del muro, media circunferencia doble, y del lado derecho emerge un cuarto de esfera que abarca casi la totalidad de la superficie.

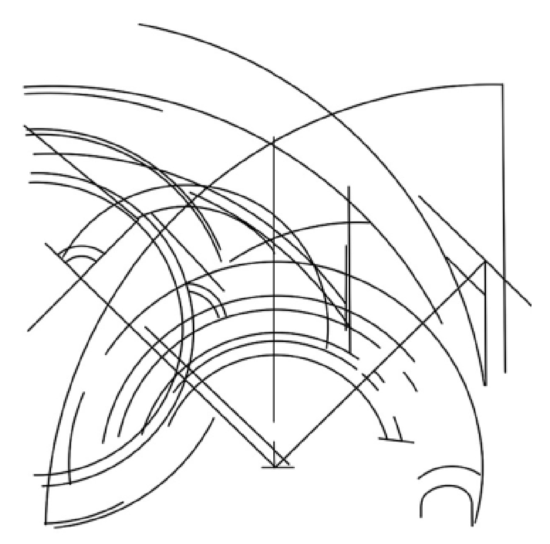


Figura 7
Superposición de monteas. Lado de la Epístola. Tratamiento digital de José Santos Torres a partir de una fotografía de la autora.

La gran cantidad de líneas que se entremezclan dificultan la labor investigadora. Esto es producto del sistema que a veces se empleaba para la elaboración de monteas basado en la aplicación de yeso capa sobre capa antes mencionada. Además, debido a este sistema es fácil que algunas líneas de importancia no llegasen a traspasar la lechada, dejando la impronta de la montea incompleta.

Autoría y fecha de ejecución

La datación y, por tanto, la autoría de las monteas aquí presentadas resulta bastante complicada por una sencilla razón: el proceso constructivo de la iglesia de la Clerecía no parece estar aún del todo claro. Sirviéndonos de su historia constructiva es posible llegar a algunas conclusiones. La primera piedra de la iglesia se colocó el 12 de noviembre de 1617 (Rodríguez G. de Ceballos 1969, 49), siguiéndose las trazas dadas por Juan Gómez de Mora quien, al poseer el cargo de Arquitecto Real, tenía su residencia permanente en Madrid, por lo que se contrató a Simón de Monasterio para que se hiciese cargo de las obras, respetando las trazas del arquitecto real. Posteriormente, Juan Moreno estará al frente de la fábrica hasta 1635 (Rodríguez G. de Ceballos 1969, 56), siendo sucedido por Alfonso de Sardiña hasta que en 1642 fue remplazado por el hermano Pedro Mato; éste se hizo cargo de la edificación hasta 1665.

Cuando Pedro Mato obtuvo la maestría de la fábrica, la capilla mayor, el brazo del crucero y la primera capilla del lado de la Epístola ya estaban terminadas (Rodríguez G. de Ceballos 1969, 71). Los arcos torales y las pechinas de la cúpula estaban concluidas en 1646 y, un año después, el crucero, el primer tramo de la nave y parte de dos capillas laterales (Rodríguez G. de Ceballos 1969, 72). El hermano Mato fue el encargado de levantar la cúpula, no sin tener numerosos problemas por este asunto, si bien en ella se observan algunos detalles propios del jesuita y arquitecto Francisco Bautista, quien realizó una inspección del edificio en 1647 y otra en 1661 (Aramburu-Zabala 2000, 361). Las obras del templo se reanudaron en 1651 de la mano de los maestros de cantería Francisco Blanco y Francisco Forcén, siguiendo órdenes de Pedro Mato (Rodríguez G. de Ceballos 1969, 75). En 1660 se iniciaron los trabajos de enlosado y Pedro Conejo se encargó, un par de años después, del entramado de las vidrieras (Rodríguez G. de Ceballos 1969, 78). En 1665 (Rodríguez G. de Ceballos 1969, 82) se procedió a la consagración de la iglesia, sin que la fachada estuviese aún terminada.[7]

El profesor Aramburu-Zabala señaló que estas monteas debieron realizarse durante la etapa constructiva en que la maestría de la fábrica de la iglesia jesuita estuvo a cargo del arquitecto Pedro Mato, entre 1642 y 1665 (Rodríguez G. de Ceballos 1969, 67). Y los encargados de la realización de este «Cuaderno de Cantería» (Aramburu-Zabala 2000, 355) habrían sido los maestros canteros Francisco Blanco y Francisco Forcén (Aramburu-Zabala 2000, 358). Además, teniendo en cuenta que desde 1647 Pedro Mato puso todo su empeño y atención en el levantamiento de la cúpula, sabiendo además que «La obligación de dar este tipo de dibujos correspondía al maestro de la obra… era obligación del maestro de la obra, o aparejador, enviar al tracista (arquitecto) la forma y medida de cada uno de los elementos constructivos, desarrollando las trazas generales… lo que se materializaría en unos dibujos que tendrían que ser aprobados por el tracista, y una vez aprobados por el maestro de la obra procedía a elaborar a partir de ellos los moldes y reglas de madera a escala 1:1 con los que los canteros elaboraban cada pieza» (Aramburu-Zabala 2000, 359), no nos extraña que estos dos maestros de cantería tuviesen que hacerse cargo de «el acer y acabar con toda perfeccion las dos segundas capillas del cuerpo de la iglesia de la nueba fundación y fábrica del dicho colegio, en la mesma altura, medida y proporción que están las dos primeras, con sus puertas y bentanas adonde le toca, con todas las correspondencias y cornijamentos dentro y fuera, arbotantes correspondientes a los que están echos, ajustándose en todo y para todo a lo que esta echo» (Rodríguez G. de Ceballos 1969, 75).

Pensamos que, aunque el hermano Pedro Mato se dedicase en exclusiva a la construcción de la cúpula, podría asimismo haber facilitado instrucciones a los maestros e ilustrarlos en los requisitos de la fábrica de la que era maestro. Además, sería viable pensar en la posibilidad de que a su cargo estuviesen también aprendices en el taller a los que enseñar los secretos del oficio y utilizar para ello los propios muros y piedras de la obra en cuestión. Pero no podemos asegurar con total certeza quién o quiénes realizaron estas monteas. Este es un problema al que nos estamos enfrentando más a menudo de lo que nos gustaría ya que, aunque en los contratos para la realización de obras se podía firmar que el maestro sería el encargado de realizar las trazas y monteas, no ha quedado constancia documental de que esas monteas se ejecutasen ni de mano de quién. Asimismo es importante resaltar que en un proceso constructivo que se dilatase en el tiempo, como es este caso, en el que se han seguido con mayor o menor fidelidad las trazas iniciales, los maestros posteriores podían utilizar los pa-

ramentos anteriormente construidos como soporte en el que realizar sus propios ejercicios geométricos necesarios para las labores constructivas y posibles problemas que les podían surgir durante la fábrica.

¿Un «Cuaderno de Cantería» o monteas operativas?

Fue el profesor Aramburu-Zabala el primero en calificar la ingente cantidad de monteas localizadas en la iglesia de La Clerecía como «Cuaderno de Cantería», manifestando además, que debían haberse realizado siguiendo un manual con trazas en papel (Aramburu-Zabala 2000, 355). Nosotros creemos que en todos los talleres de cantería había, al menos, uno de estos cuadernos que contenían algunos de los posibles problemas con los que podían encontrarse durante los trabajos del corte de las piedras para la formación de los distintos elementos arquitectónicos. Este cuaderno podía ser obra del propio maestro líder de su taller, quien podía haber plasmado sus conocimientos en papel, o bien disponer de alguna de las copias que circulaban con bastante frecuencia desde el siglo XVI por los obradores peninsulares.

Estamos completamente de acuerdo en la denominación adjudicada, por todo lo que ello supone. En un «Cuaderno de Cantería» se incluían numerosos ejemplos de despiece y no todos tenían por qué servir para una misma construcción, tal y como sucede entre los muros de esta iglesia. No todas las trazas localizadas aquí llegaron a ejecutarse en la construcción, además tampoco todos los rasguños están grabados sobre la piedra a tamaño real, por lo que podemos estar ante ejercicios de taller, con los que los canteros conseguían adquirir la destreza propia del oficio. Conocimientos que le venían de la mano del maestro responsable del obrador en cuestión, pues era este quien tenía la obligación de transmitir su saber a los discípulos que formaban el taller. Los talleres estaban compuestos por unas veinte personas de distinta categoría: el maestro seguido por el aparejador, canteros, oficiales, aprendices y criados (Alonso 2008, 62–63).

Todo esto nos lleva a pensar en la posibilidad de que la iglesia fue utilizada como taller de cantería durante el tiempo en el que se desarrollaron los trabajos en el monumental conjunto. En vez de establecerse, como en algunos casos conocidos, una «casa de la traça» en algún lugar cercano a la fábrica, o habilitar una zona de la oba para tal fin, era el propio templo donde: «el maestro mayor guardaba sus trazas sobre pergamino; y, con sus colaboradores más directos, usando el cordel, el compás y la escuadra, desarrollaba sus diseños sobre la superficie de yeso. De allí debían salir los baibeles[8] y las plantillas de madera, con las que se controlaban los ángulos y las molduras de los cantos» (Rodríguez 2007, 187). Tal es el caso de la catedral de Sevilla, en el que gracias a la documentación se ha sabido de la existencia de un lugar destinado a este uso (Jiménez 2007, 67).

A la hora de abordar el estudio de las monteas, resulta esencial la consulta de los tratados de Montea y Cortes de Cantería, algo que puede ayudarnos a la hora de asociar una montea a un elemento arquitectónico concreto. Pero no siempre podremos encontrar los modelos en estos manuales de taller, puesto que no recogen todos los ejemplos que podían construirse. En este caso, las monteas de la Clerecía bien podrían estar insertas en alguno de estos cuadernos, del tipo al de Juan de Aguirre, Joseph Gelabert o Juan de Portor y Castro, entre otros[9] que, aun siendo algunos de ellos posteriores a la fecha de ejecución de las monteas, seguían recogiendo todos esos sistemas constructivos.

El hecho de que la mayor parte de las monteas localizadas en la iglesia de la Clerecía no estén a escala real nos lleva a plantearnos varias posibilidades. ¿Los canteros hacían estos rasguños en una escala reducida para tener el control previo de las formas, antes de llevarlos a la ejecución final? Con ello conseguirían tener clara la apariencia definitiva de los distintos elementos arquitectónicos y emplearían menos tiempo del que supondría hacer todo a escala 1:1; configuración que podía sufrir transformaciones en el proceso de talla por diversos motivos. Se sabe del famoso sistema de economía de medios empleado por los canteros «por el que sólo se dibuja aquello necesario para definir el elemento a construir» (Alonso 2013, 38). Además, en numerosas ocasiones encontramos correcciones y arrepentimientos, por lo que no es de extrañar que en algunas ocasiones tuviesen que hacer ensayos previos.

Pretendemos, con todo lo dicho en estas líneas, que las monteas aquí expuestas adquieran la importancia que creemos merecen. También atraer la curiosidad a otros especialistas de la materia que puedan aportar otra visión que complemente la nuestra. Queremos que las trazas del que fuese Colegio de los Je-

suitas en la ciudad de Salamanca tengan el reconocimiento y repercusión que han tenido otros rasguños localizados en la geografía española. En este sentido, destaca el foco gallego con una importante serie de trazas localizadas; así como en las halladas en las azoteas de la catedral de Sevilla, en la catedral de Murcia o las que tuvimos la oportunidad de localizar en la catedral de Jaén o en la seo salmantina[10].

Nos interesa la difusión de todos estos elementos para favorecer su protección frente a las diversas agresiones externas que están sufriendo por culpa del desconocimiento que se tiene, en general, sobre ellos. Además, la historiografía ha favorecido al arquitecto tracista, al diseñador, en detrimento del ejecutor; quien debía conocer y controlar la realización del corte de la piedra con absoluta destreza. Y si bien es cierto que la responsabilidad de la fábrica caía sobre el Maestro Arquitecto, éste no podía trabajar en solitario, necesitaba de la destreza de los canteros, pues eran ellos quienes hacían posible el trabajo de la piedra y, como consecuencia, las magníficas construcciones pétreas que pueblan gran parte de la geografía española.

Notas

1. La definición más extendida es la que ofrece Benito Bails (1802): «El dibuxo que se hace de una bóveda de tamaño natural en una pared ó suelo para tomar las medidas y formas de sus diferentes partes».
2. Desde aquí nuestro agradecimiento a D. José Ramos Domingo, Director del Patrimonio Histórico-Artístico de la Universidad Pontificia de Salamanca, quien nos permitió marcar con tiza las monteas localizadas, ya que solo con el uso de la cámara fotográfica no podíamos captar la mayor parte de las líneas.
3. Hemos decidido emplear la para la publicación la digitalización de las monteas por cuestiones logísticas. Las imágenes digitales son obra del arquitecto José Santos Torres a través de las fotografías realizadas por la que firma este trabajo.
4. Esta montea ya fue dada a conocer por el profesor Aramburu-Zabala (Aramburu-Zabala 2000, 354).
5. En todos los tratados sobre el Arte de la Montea y Cortes de Cantería conservados en España desde el siglo XVI aparecen varios ejemplos de distintos despieces de todo tipo de arcos. Véase, por ejemplo, los tratados de: Alonso de Vandelvira, Ginés Martínez de Aranda, Fray Lorenzo de San Nicolás o Tomás Vicente Tosca, entre otros.
6. Plantilla, panel o patrón: «Bastidor de madera o lámina de cartón, hojalata, plomo, etc., para aplicar sobre la piedra y marcar el contorno de una cara del sillar a labra, tomado de la montea. Los flexibles pueden adaptarse a superficies desarrollables, como conos o cilindros» (Rabasa 2007, 37).
7. La fachada se inició en 1617 de la mano de Simón de Monasterio, quien realizó el primer cuerpo. Cuarenta años después, las obras serán retomadas de nuevo, bajo la maestría de Domingo Ruiz de Cotera y Juan de Esculti. Pero habrá que esperar hasta 1750, cuando Andrés García de Quiñones coloque la espadaña central además de las torres (R. G. de Ceballos 1969, 80–81).
8. Baibel o baivel: «Especie de escuadra con una rama recta y otra curva, que se adaptan la lecho y el intradós de una dovela, respectivamente, y se emplea, pasándola por la arista común, para comprobar la corrección de la labra. Habitualmente es no articulada y desechable, pues la curvatura del intradós es variable con el aparejo» (Rabasa 2007, 33).
9. Nosotros tenemos localizados un total de 24 tratados de estas características conservados desde el siglo XVI en España, tanto manuscritos como impresos.
10. Véase, para las monteas en Galicia los estudios de Taín (2003a, 2003b, 2033–2004, 2009, 2013); las publicaciones de Ruiz de la Rosa y Rodríguez Estévez para las trazas de la catedral de Sevilla (2000, 2007, 2011); y diversas investigaciones para la monteas de la catedral de Murcia (Calvo et al. 2010). Sobre la Catedral de Jaén, esperamos que pronto vea la luz la investigación que llevamos a cabo en el templo mayor giennense (Gutiérrez, en prensa).

Lista de referencias

Alonso Ruiz, Begoña. 2008. La formación en la construcción durante la Edad Moderna: Del «Arte de la cantería» a la profesión de arquitecto. En *Ars et Scientia. Estudios sobre arquitectos y arquitectura (s. XIII–XXI)*, coordinado por B. Alonso y O. Villanueva, 61–88. Valladolid: Castilla Ediciones.

Alonso Ruiz, Begoña. 2013. Una montea gótica en la Capilla Saldaña de Santa Clara de Tordesillas. En *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Madrid, 9–12 de octubre de 2013*, editado por S. Huerta y F. Ulloa, 35–43. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Aramburu-Zabala, Miguel Ángel. 2000. Arquitectura y arte en el Colegio. En *El Colegio de la Compañía de Jesús en Salamanca (Universidad Pontificia). Arqueología e historia*, coordinado por J. González Echegaray, 331–398. Salamanca: Universidad Pontificia de Salamanca.

Bails, Benito. 1802. *Diccionario de Arquitectura Civil*. Madrid: Imprenta de la Viuda de Ibarra.

Calvo López, José et al. 2010. «El uso de monteas en los talleres catedralicios: el caso murciano». *Semata. Ciencias Sociais e Humanidades*. 22: 519–536.

Gutiérrez Hernández, Alexandra M. en prensa. «Monteas en Jaén». *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*.

Ibáñez Fernández, Javier. 2014. Entre «muestras» y «trazas». Instrumentos, funciones y evolución de la representación gráfica en el medio artístico hispano entre los siglos XV y XVI. Una aproximación desde la realidad aragonesa. En *Arquitectura tardogótica en la Corona de Castilla: Trayectorias e intercambios*, editado por B. Alonso y F. Villaseñor, 305–328. Santander: Editorial Universidad de Cantabria; Sevilla: Universidad de Sevilla.

Jiménez Martín, Alfonso. 2007. Las fechas de las formas. Selección crítica de fuentes documentales para la cronología del edificio medieval. En *La catedral gótica de Sevilla. Fundación y fábrica de la «obra nueva»*, A. Jiménez et al., 15–113. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones.

Rodríguez G. de Ceballos, Alfonso. 1969. *Estudios del barroco salmantino. El Colegio Real de la Compañía de Jesús (1617–1779)*. Salamanca: Centro de Estudios Salmantinos.

Rabasa Díaz, Enrique. 2007. *Estereotomía y talla de la piedra*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Real Academia Española. 2017. 1ª. http://dle.rae.es/?id=JPvdsiL (11/05/2017)

Real Academia Española. 2017. 2ª. http://dle.rae.es/?id=JPzDn5D|JQ0cewp (11/05/2017)

Real Academia Española. 2017. 3ª. http://dle.rae.es/?id=VBfebYZ (11/05/2017)

Real Academia Española. 2017. 4ª. http://dle.rae.es/?id=NMueYHQ (11/05/2017)

Rodríguez Estévez, Juan Clemente. 2007. Los constructores de la catedral. En *La catedral gótica de Sevilla. Fundación y fábrica de la «obra nueva»*, A. Jiménez et al., 147–207. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones.

Ruiz de la Rosa, José Antonio y Rodríguez Estévez, Juan Clemente. 2000. Monteas en las azoteas de la catedral de Sevilla. Análisis de testimonios gráficos de su construcción. En *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Sevilla, 26–28 de octubre de 2000*, coordinado por A. Graciani, 965–978. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Ruiz de la Rosa, José Antonio y Rodríguez Estévez, Juan Clemente. 2011. *Capilla redonda en buelta redonda*: nuevas aportaciones sobre una montea renacentista en la catedral de Sevilla. En *Actas del Séptimo Congreso de Historia de la Construcción, Santiago de Compostela, 26–29 de octubre de 2011*, coordinado por S. Huerta, 1275–1282. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Ruiz de la Rosa, José Antonio. 2007. Dibujos de ejecución. Valor documental y vía de conocimientos de la catedral de Sevilla. En *La catedral gótica de Sevilla. Fundación y fábrica de la «obra nueva»*, A. Jiménez et al., 297–347. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones.

Taín Guzmán, Miguel. 2003a. «Las monteas en Galicia: propuesta de una tipología». *Goya*. 297: 339–355.

Taín Guzmán, Miguel. 2003b. The drawings on stone in Galicia: Types, uses and meanings. En *Proceedings of the First International Congress on Construction History, Madrid, 20th-24th January 2003*, coordinado por S. Huerta, 1887–1898. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Taín Guzmán, Miguel. 2003–2004. Las monteas de la catedral de Santiago de Compostela: de la arquitectura a la escultura. En *Correspondencia e integración de las artes: 14º Congreso Nacional de Historia del Arte, Málaga, del 18 al 21 de septiembre de 2002. Vol. 1*, coordinado por I. Coloma y J. A. Sánchez, 509–522. Málaga: Dirección de Cooperación y Comunicación Cultural.

Taín Guzmán, Miguel. 2009. La utilización de monteas en la construcción en piedra: el caso gallego. En *El arte de la Piedra. Teoría y práctica de la cantería*, 173–204. Madrid: CEU Ediciones.

Los Reservorios de Uxmal, Yucatán, México

José Huchim Herrera
Lourdes Toscano Hernández

El acceso al agua ha influido siempre en el establecimiento de los asentamientos humanos, las grandes civilizaciones de la antigüedad como la china, la egipcia o la hindú, florecieron al abrigo de caudalosos ríos, que no solo proporcionaron el vital líquido, sino también suelos aptos para la agricultura.

Pero ¿qué sucedió en lugares donde la naturaleza no fue tan pródiga? ¿Cómo fue posible que grandes ciudades preindustriales florecieran en un paisaje carente de ríos, lagos, lagunas o cualquier fuente superficial de agua? En este trabajo abordaremos el caso de los mayas de la Región Puuc, específicamente las obras hidráulicas del sitio de Uxmal, que hacia el año 850 d.C. se convirtió en una próspera ciudad que abarcó una superficie de 22Km ^{2}, en los cuales se construyeron impresionantes palacios, edificios administrativos y, por supuesto, majestuosos templos en donde los gobernantes hacían elaboradas ceremonias para reafirmar su origen divino y solicitaban el favor de los dioses para lograr cosechas abundantes.

La Región Puuc abarca el sur de Yucatán y en el sector noreste de Campeche, estados del sureste mexicano. A pesar de la ausencia de agua superficial, esta región estuvo densamente poblada en época prehispánica. En ella se construyeron asentamientos de diferentes cualidades, desde pequeños sitios que fueron ocupados solo en épocas de siembra y cosecha hasta impresionantes ciudades como Uxmal, Kabah, Sayil, Nohpat o Xculok. Sin lugar a dudas, la riqueza de sus suelos atrajo a una sociedad cuya base económica fue la agricultura. Sabemos que la región estuvo ocupada desde tiempos tan tempranos como 600 años antes de la era cristiana, pero de ese período no se tienen registros de grandes sitios. Fue después del 500 d.C., cuando los mayas empezaron a captar el agua de lluvia, que los asentamientos pudieron incrementar su tamaño y complejidad.

En este trabajo se presentan los resultados de una investigación que se inició en la década de 1990, con el fin de corroborar los registros de misioneros y viajeros que mencionaron la existencia de depósitos subterráneos y grandes charcos que los mayas utilizaron para almacenar el agua de lluvia y con esta información saber cuáles fueron las características de las obras hidráulicas que permitieron la existencia de las grandes ciudades del país de las colinas. Sin embargo, es pertinente comenzar explicando, de manera breve, como es la geografía hidrológica de la península de Yucatán.

Zonificación Topohidrológica

En 1988, Duch Gary estableció cinco zonas topohidrológicas en la península de Yucatán. Las cuales revisaremos brevemente pues nos permiten aproximarnos a los diversos sistemas de aprovisionamiento de agua que utilizó la población prehispánica para su supervivencia.

La primera zona contempla los terrenos planos y bajos con acuíferos superficiales y está constituida por una angosta franja que cubre el litoral a todo lo

largo. Aquí encontramos manantiales de agua dulce comúnmente llamados «ojos de agua», los cuales abastecieron a sitios como Xcambó o Isla Cerritos (Andrews et al. 1984).

La zona dos corresponde a terrenos planos con acuíferos someros y está definida por una topografía poco marcada y un manto freático localizado a poca profundidad de la superficie, como consecuencia, en esta zona predominan los afloramientos de agua llamados cenotes, pero también era posible excavar pozos para obtener el agua.

La zona tres la forman terrenos ondulados con acuíferos a poca profundidad y se reconoce por la presencia de hondonadas, también conocidas como rejolladas, que son embudos en el terreno, donde se forman micro ecosistemas. Se sabe que en sitios como Ek Balam y Chichén Itzá se utilizaban las rejolladas como uno de los medios para obtener agua (Ringle 1988).

La zona cuatro contempla los terrenos monticulares con acuíferos a mediana profundidad. En esta zona están presentes una gran cantidad de cenotes y cavernas, por lo que es muy probable que los habitantes prehispánicos hicieran uso de estas formas naturales de suministro de agua.

Finalmente, los terrenos cerriles con acuíferos profundos forman la zona cinco. Esta se encuentra ubicada al sur de la Sierrita de Ticul y, de manera general, se puede decir que la población prehispánica que habitó en esta zona se valió, principalmente, de sistemas de almacenamiento de agua pluvial para resolver el problema de suministro de agua. Ahora que contamos con el contexto fisiográfico del área maya, revisemos como es que estos aprovecharon las fuentes de agua.

Las obras hidráulicas en el área maya

Los mayas prehispánicos, al igual que todos los pueblos mesoamericanos, buscaron lugares idóneos para construir sus grandes asentamientos, varios sitios se colocaron en las márgenes de los ríos, como fue el caso de las ciudades de Palenque o Yaxchilán, cuya traza urbana estuvo regida por las posibilidades de utilizar el río como fuente de vida.

Otras, como Chichén Itzá, se erigieron cerca de cenotes, que no solo facilitaron el abastecimiento de agua, sino que permitieron recrear la metáfora de «la Cueva y la Montaña Sagrada» en el ambiente construido.

Pero los mayas no solo se ubicaron cerca de fuentes permanentes de agua, sino que aprovecharon el conocimiento de su medio ambiente y lograron construir grandes ciudades en lugares en donde la cantidad de precipitación pluvial y las características del suelo arcilloso, junto con otros rasgos naturales como la topografía facilitaron la captación de agua.

Entre las sociedades del Petén Central, el aprovechamiento de las depresiones naturales para almacenar agua fue un rasgo común, pues se tiene conocimiento de la existencia de 494 aguadas en los actuales estados de Campeche y Quintana Roo, así como en Guatemala y Belice.

Desde tiempos tan antiguos como el Preclásico Medio (600 a.C.) en el Petén guatemalteco se erigió uno de los principales sitios de esa región, El Mirador donde se han registrado dieciocho reservorios que se construyeron a partir de depresiones naturales modificadas para hacer más eficiente el sistema de captación y almacenamiento de agua (Hansen et al. en Akpinar 2011).

En Tikal, otra importante ciudad guatemalteca, se realizó una investigación sobre cuatro aguadas y cinco reservorios dos de ellos localizados en la periferia del área monumental denominados Aguada Corriental y Reservorio Perdido y tres en el centro urbano, llamados Escondido, del Palacio y del Templo, como resultado de estos trabajos se localizaron canales que conducían el agua hacia los depósitos, tanques con arenas finas que sirvieron para filtrar el agua, así como otros canales que distribuían el líquido hacia distintas partes del asentamiento(Grazioso y Scarborough 2014).

En la primera década del siglo XXI, un equipo de la Universidad de Cincinati encabezado por el Dr. Nicholas Dunning realizó investigaciones en los sitios de San Barolo y Xultun, en la región noroeste del Petén. Se concentraron en tres aguadas, la de Loros, Chintiko y Los Tambos. Las tres aguadas se localizan a las afueras de los sitios y presentan evidencia de actividad humana. Están fechadas entre los años 650-780 y 900 a.C. (Akpinaret al.2011)

En Calakmul, ciudad que presenta una larga ocupación humana que se inició antes del 600 a.C., se han registrado 13 cuerpos de agua dispuestos en las inmediaciones del asentamiento y los Drs. Domínguez y Folan, investigadores de la Universidad de

Campeche, han calculado que en conjunto lograron almacenar 228.150.000 litros, lo que permitió que los habitantes de Calakmul tuvieran el abasto de agua garantizado a lo largo de todo el año (Domínguez y Folan 1996,149).

Uno de los sistemas hidráulicos mejor estudiados es el de Edzná, antigua ciudad localizada en Campeche, México. En la década de 1970, un equipo de investigadores de la New World Archaeological Foundation realizó un detallado estudio de campo que incluyo desde vuelos a baja altura para realizar una cobertura fotográfica hasta observación en campo y durante la temporada de lluvias, de los rasgos observados en el estudio fotográfico. Esto dio como resultado la localización de 84 depósitos, 31 canales alimentadores, algunos de varios km de longitud, así como el uso de los desniveles del terreno para conducir el agua hacia los reservorios y drenarla hacia la parte más baja para evitar inundaciones. De acuerdo con Matheny (1983) esto permitió manejar cerca de dos millones de metros cúbicos de agua. Si bien la ciudad tiene ocupación temprana que se remonta a 600 a.C., se calcula que entre los siglos 200-800 d.C. este sistema estaba ya consolidado.

Fisiografía de la región Puuc

Como ya hemos mencionado, Uxmal se encuentra en la región Puuc que, si bien carece de fuentes de agua superficiales, presenta características fisiográficas y climáticas que permitieron a los antiguos pobladores de la región subsistir del aprovechamiento del agua de lluvia.

Uxmal se ubica en el distrito de Santa Elena, también llamado de Las Colinas Centrales, dentro de un amplio valle que separa las dos cordilleras que constituyen la denominada Sierrita de Ticul. Está constituida por un sistema de fallas y fracturas que se ramifican, formando un amplio valle que ocupa un área de 935 km^2 (Redell J. 1977, 227). El medio ambiente y la variedad de los suelos y, sobre todo, los índices de precipitación que predominan en la región Puuc fueron factores que los habitantes prehispánicos aprovecharon para erigir grandes urbes como Uxmal, que es uno de los sitios arqueológicos más importantes de Yucatán y fue el mayor y más importante de los asentamientos de la región Puuc.

Esta región se caracteriza por tener períodos bien definidos de lluvias y sequía. La precipitación media anual es de aproximadamente 1000 mm^3. El 85% de la precipitación pluvial ocurrida dentro de un año hidrológico se distribuye, por lo general, entre los meses de mayo a octubre (época de lluvia). El 15% restante precipita durante el período de sequía, de noviembre a abril en forma de lluvias aisladas y de menor magnitud.

La roca caliza de la región es muy permeable, de tal forma que gran parte de la precipitación pluvial se filtra hasta alcanzar el manto acuífero, que se encuentra entre 40 y 60 m. de profundidad. Sin embargo, en la región existen depresiones naturales que tienen un lecho arcilloso, producto de la descalcificación de la roca caliza, esto permite que, en épocas de lluvias, el agua se almacene en ellas, estas depresiones se denominan aguadas. En ellas el suelo es impermeable e impide la filtración del agua hacia el subsuelo, formando espejos de agua estancada que, dependiendo del régimen pluviométrico, pueden o no permanecer con agua durante todo el año.

Si bien, las aguadas son los principales reservorios fabricados por los mayas del Puuc, estos no fueron los únicos depósitos artificiales, también encontramos: *sartenejas*, *chutuno'ob, bukteo'ob*y pilas *o ka'tuno'ob*. Las *sartenejas* se definen como cavidades poco profundas localizadas en los afloramientos de la roca madre. Estos depósitos existen en forma natural, pero hay otros que fueron modificados con el fin de aumentar su capacidad de almacenamiento. Los *chultuno'ob* son las obras hidráulicas más frecuentes en la región Puuc y son un elemento importante de las unidades habitacionales, ya sea de la gente común o de la élite. Están compuestos por una cámara subterránea, completamente impermeable, en forma de botella, que llegó a almacenar hasta 30,000 litros. Sobre el terreno natural solo se percibe el área de captación con la boca de la cisterna al centro. Los*Bukteo'ob* o *bukteil*, son depósitos semejantes a los *chultunes*, en cuanto a su forma, pero difieren grandemente en el funcionamiento y sistema constructivo, como veremos más adelante. Finalmente, tenemos las pilas o*ka'tuno'ob* por lo regular se encuentran asociados a unidades habitacionales, se trata de bloques de piedra caliza en forma de prisma cuadrangular, cuyas dimensiones estándar son de 70 cm de largo, 40 cm de ancho y 50 cm de altura, los mayas excavaron estos prismas hasta dejar hueco el interior, generalmente están asociados a espacios de

preparación de alimentos, aunque también se han reportado en el interior de las cuevas o cavernas captando el agua por goteo.

Las Aguadas de Uxmal

La relevancia del uso de agua por medio de sistemas artificiales, como las aguadas fue tal, que se mencionan en pasajes del Chilam Balam en donde se dice que ayudaron a solventar el problema del hambre.

Aunque Uxmal fue visitada por múltiples viajeros que fueron atraídos por la belleza de sus edificios, pocos hicieron énfasis en el sistema hidráulico de la ciudad. Entre ellos destaca el explorador norteamericano John L. Stephens, quien visitó Uxmal alrededor de 1840. Derivado de ese viaje publicó *Incidents of Travel in Yucatan* en 1843. En esta aventura estuvo acompañado de Frederick Catherwood, quien ilustró la obra con magníficas litografías, entre ellas la de una aguada localizada en el sector oeste de Uxmal. También presentan el esquema de la aguada *Jalal*, elaborado a parir de la información que le proporcionaron los habitantes de la región, donde se observan depósitos colocados por debajo del lecho de la aguada.

En el *Diccionario de la Lengua Maya (1887)*, escrito por Juan Pío Pérez, aparece el término *bukté* o *bukteil* que define como «aljibes o depósitos hechos en el fondo de las aguadas para recibir el agua que se infiltra; y se usa cuando la fuerza del sol ha secado aquellas».

Fue Charles Etienne Brasseur de Bourbourg, quien durante la segunda mitad del siglo XIX visitó Uxmal y otros sitios de la región, cuando se conoció su complejo sistema hidráulico, ya que describió las características de las aguadas, localizadas hacia el sector poniente del sitio (figura 1) y recopiló los nombres de seis de ellas que son: *Chem Chan Akal, Xpauhi Acal, Xuch, Acal Xnuk y Xchaucachhaa*. Así también elaboró un plano del sitio en donde aparecen registradas. Además, señala la existencia de canales y caños que corrían entre los edificios y gracias a ellos drenaba el agua de lluvia y llegaba hasta las cisternas, conocidas localmente como *chultunoob* y el excedente era redirigido hacia las aguadas localizadas en el sector poniente del asentamiento (Brasseur 1984).

En 1937, el arqueólogo yucateco Manuel Cirerol Sansores mandó a excavar varios pozos en el lecho de la aguada más grande de Uxmal, la aguada *Chen Chan Akal*, para sanear de paludismo la región de Uxmal. A pesar de las intervenciones señaladas, la aguada *Chen Chan Akal* a la que se hace referencia, hoy día aún continúa embalsando el agua de lluvia.



Figura 1
Ubicación del sistema de aguadas y el asentamiento de Uxmal (Foto José Huchim)

Descripción de la investigación

A pesar de la importancia que tuvieron las obras hidráulicas en el poblamiento del Puuc, y de la información obtenida de los primeros exploradores, hasta mediados de 1980, no se habían realizado estudios específicos para entender cómo se desarrollaron las ciudades. Fue así que, aprovechando las obras de restauración que el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) efectuó en el sitio durante los años de 1985 y 1986, se planteó una investigación dirigida a entender el funcionamiento de los reservorios de Uxmal, asentamiento clave para entender los procesos históricos y sociales que ocurrieron en el Puuc durante la época prehispánica.

El trabajo comenzó con el reconocimiento de la superficie del sector poniente de Uxmal, donde fueron identificadas doce aguadas. Posteriormente, nos vimos en la necesidad de acotar la selección, por lo que se eligieron nueve de ellas como nuestra muestra de estudio. Las aguadas que integran la muestra fueron clasificadas de acuerdo a sus características físicas, en tres apartados: Irregulares, rectangulares y bajos de forma más o menos oval. Debido a las limi-

taciones de presupuesto, solo se realizaron excavaciones estratigráficas en el lecho de la aguada llamada *Chen Chan Akal*, la más grande del asentamiento (figura 2).

Iniciamos las excavaciones trazando dos pozos de sondeo de 2 metros por lado. El pozo 1 se ubicó en la cuenca de la aguada, aproximadamente a quince metros del borde oriental. Por otro lado, decidimos que el lugar idóneo para el pozo 2 era cerca del arranque interior del borde norte de la aguada. Nuestros objetivos al excavar los pozos estratigráficos fueron: Estudiar las características edafológicas del lecho; recuperar material cerámico para su análisis; verificar la existencia del piso enlozado, mencionado por el explorador John L. Stephens en el siglo XIX; y determinar, hasta donde fuese posible, las características de estas obras hidráulicas prehispánicas.

Debido a la aparición de un muro de piedras ensambladas con ayuda de cuñas, que resultó ser un *bukte* (figura 3), fue necesario ampliar el pozo 1, hasta una dimensión de 4 metros por lado, a partir de su costado oriente. Al finalizar la excavación, nos fue posible observar que esta construcción arranca a partir del lecho calizo, hasta la parte superior, cerca de la superficie del lecho del área de captación. De modo que este depósito se encuentra ocupando el espesor arcilloso del que se compone la aguada. Lo que permitió corroborar el esquema dibujado por Stephens.

Otra técnica de investigación que decidimos aplicar, fueron los sondeos de resistividad. El objetivo de este estudio era definir la estructura litológica del



Figura 2
En primer plano se observa la Aguada Chen Chan Akaly, al fondo, el núcleo de la ciudad de Uxmal (Archivo INAHY)



Figura 3
Vista general del bukte en el lecho de la Aguada Chen Akal (Foto José Huchim)

subsuelo dentro de la aguada *Chen Chan Akal*, en sus márgenes y periferia, en una superficie aproximada de 3 metros cuadrados. Además, teníamos el propósito de localizar otros *bukteo'ob* que pudieran existir, aun sin registrar, en esta aguada. Un sondeo de resistividad consiste en introducir una corriente eléctrica, desde la superficie del terreno hacia el subsuelo a través de un par electrodos, mientras otro par determina la diferencia de potencial. El análisis de la magnitud de esta medida, nos permite determinar qué tan homogéneo es el medio a través del cual fluye la energía. El éxito de éste método en la búsqueda de estructuras y objetos enterrados bajo el suelo, depende en gran parte de la existencia de un fuerte contraste resistivo entre el suelo y el objeto de estudio, así como del empleo de una técnica adecuada y del conocimiento de la geología de la región.

Como resultado de este estudio sabemos que la mayor concentración de aguadas, se encuentra en un área arcillosa, aproximadamente 400 m al oeste de la muralla que rodea el centro del Uxmal, que tiene una extensión de 1km de norte a sur y 1,5 km de este a oeste.

De igual manera, pudimos reconocer que cada aguada posee su propia microcuenca, es decir, presenta desniveles en determinadas partes del exterior de los bordes que permiten encausar las aguas al interior del reservorio, además del líquido que reciben directamente de la lluvia. Si bien todas ellas fueron construidas aprovechando depresiones naturales, fueron modificadas para incrementar el área cóncava de captación o el lecho. También se construyeron bordes

o diques para represar el agua, así como canales de alimentación y desfogue de agua.

Como ya mencionamos, las excavaciones realizadas en el lecho de la aguada *Chen Chan Akal* corroboraron la presencia de depósitos subterráneos excavados en los lechos de las aguadas. Para construirlos los mayas excavaron pozos cilíndricos, hasta llegar a la roca caliza. Estos pozos fueron recubiertos con piedras burdamente talladas, ensambladas a junta seca, formando un reservorio que, como ya vimos, era denominado *bukte* o *bukteil* (figura 4). Estos se componen de dos secciones, la inferior de forma cilíndrica y la superior, similar a una bóveda salediza. Una piedra plana ejercía como tapa y cerraba el depósito justo en el lecho de la aguada. A diferencia de los *Chultunes*, cisternas estucadas que funcionan impidiendo que el agua se filtre, los *bukte* operan a la inversa, permitiendo la filtración del agua, desde el lecho de la aguada hacia los contenedores. De esta manera podían aprovechar, literalmente, hasta la última gota de agua. Hemos calculado que un *bukte* pudo haber almacenado alrededor de treinta mil litros de agua.

Para determinar el volumen de agua captado por las aguadas mapeadas, primero revisamos los registros de precipitación pluvial recolectados por el Centro de Investigaciones Agrícolas para la Península de Yucatán (CIAPY), desde 1970 hasta 1989, con el fin de obtener el promedio de precipitación durante esos años. Esta información fue cotejada con la proporcionada por un monitoreo semanal y nos arrojó valores similares. A esto le añadimos un cálculo de evaporación y obtuvimos que, durante el periodo de lluvias la cantidad de agua almacenada en las aguadas que componen la muestra, oscila entre 6.566 m^3 y 26.343 m^3. Los volúmenes de agua almacenados, únicamente corresponde al líquido recolectado en el lecho de las aguadas, sin considerar los volúmenes captados de los *bukteo'ob* que yacen debajo del lecho de las aguadas.

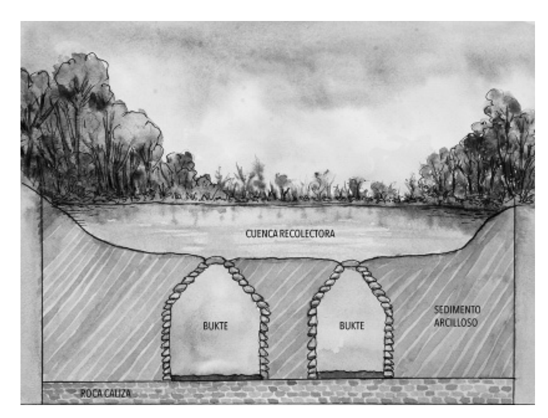


Figura 4
Perfil de lecho de la aguada Chen Chan Akal con los bukteo'ob (José Huchim y Rafael Penroz)

Consideraciones finales

Indudablemente la fertilidad de los suelos de la región Puuc fue un elemento clave para su poblamiento, que dio inicio hacia el año 600 a.C. Sin embargo, la ausencia de fuentes superficiales de agua fue una gran limitante para el desarrollo de grandes ciudades. Las partes más tempranas de los asentamientos nos indican que los primeros reservorios utilizados fueron los chultunes, que satisfacían las necesidades de agua de los grupos domésticos, aunque es totalmente posible que también hicieran uso del líquido almacenado en las aguadas. Estos asentamientos tuvieron dimensiones modestas y muchos de ellos solo fueron pequeños caseríos. Sin embrago, fue hasta después del año 600 d.C. cuando en la región de las Colinas Centrales emergieron enormes ciudades cuyos edificios de mampostería dan fe del esplendor de esa época.

El estudio realizado en las aguadas de Uxmal nos indica que los mayas alcanzaron un gran conocimiento de su medio ambiente, el cual utilizaron y modificaron para solucionar los problemas de su existencia diaria. Este conocimiento quedó plasmado en la construcción de chultunes y, posteriormente, en la invención del sistema Aguada-Bukte, hablamos de un sistema porque estos elementos no pueden conceptualizarse de manera independiente, ya que es evidente que los mayas los concibieron de manera integral para solucionar la pérdida de agua por evaporación. Para nosotros resulta claro que la adición del elemento buk'te' a la aguada mejoró en gran medida su eficiencia, y no nos cabe la duda sobre el hecho de que éste fue la gran solución de los problemas hidráulicos del asentamiento de Uxmal. Hay que mencionar que la aguda sin la presencia de los bukteo´ob es un sistema frágil, debido a que pierde gran cantidad de agua a causa de la evaporación.

La cerámica recolectada en las aguadas nos arroja una temporalidad que va desde el 600 d.C. hasta la época Colonial, es decir coincide con el momento en que Uxmal y las ciudades del Puuc en general, inician un periodo de gran prosperidad que se refleja en el crecimiento de las ciudades y en el volumen y calidad de la construcción. Las estimaciones que realizamos nos indican que los pobladores de Uxmal lograron almacenar suficiente agua para solventar las necesidades de una población cercana a los 30.000 habitantes, y tener agua excedente para la construcción de majestuosos edificios de mampostería elaborados con morteros de cal y sahcab.

Lista de referencias

Akpinar, Ezgi. 2011. *Aguadas: A Significant Aspect of the Southern Maya Lowlands Water Management Systems*. Disertación para optar al grado de Doctor en Filosofía. Universidad de Cincinnati.

Andrews, Anthony; Tomás Gallareta Negrón; Fernando Robles Castellanos y Rafael Cobos Palma. 1984. *Proyecto Arqueológico Isla Cerritos. Reporte de la temporada de campo de 1984*.

Brasseur de Bourbourg, Charles-Etienne. 1984. Informe acerca de las ruinas de Mayapan y Uxmal. *Boletin de la Escuela de Ciencias Antropológicas de la Universidad de Yucatán,* 11 (65): 3-41. Introducción y notas de Yoly Palomo C.

Cirerol Sansores, Manuel. 1937. *Informe de los trabajos desarrollados en Uxmal, hasta el 30 de abril de 1937*. México: Archivo Técnico del Departamento de Monumentos Prehispánicos INAH.

Domínguez, María del Rosario y William J. Folan. 1996. Calakmul, México: Aguadas, bajos, precipitación y asentamiento en el Petén Campechano. En *IX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1995,* editado por J.P. Laporte y H. Escobedo, 147-173. Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología.

Duch Gary, Jorge. 1988. *La Conformación Territorial del Estado de Yucatán*. México: Universidad Autónoma de Chapingo.

Grazioso Sierra, Liwy y Vernon Scarborough. 2011. Control del agua por los antiguos mayas: El sistema hidráulico de la ciudad de Tikal. *Contributions in New World Archaeology*, 5: 39-56.

Matheny, Ray; Deanne L. Gurr; Donald Forsyth y Richard Hauck. 1983. *Investigations at Edzná Campeche, Mexico.* Utah: New World Archaeological Foundation, Brigham Young University.

Pío Pérez, Juan. 1877. *Diccionario de la Lengua Maya*. Mérida: Imprenta literaria, de Juan F. Molina Solís.

Reddell, James R.1977. A Preliminary Survey of the Caves of the Yucatán Península. En *Studies on the Caves and Cave Fauna of the Yucatan Peninsula*. Editado por James R. Reddell. Austin: The Speleo Press.

Ringle, William.1988. *Preliminary report of the Ekbalam Proyect. Temporada 1987*.

Stephens, John L. [1993] 1843. *Viajes a Yucatán, Tomos I y II*. Mérida: Editorial Dante.

Las bóvedas tabicadas en Alemania: la larga migración de una técnica constructiva

Santiago Huerta

La historia de la construcción es la historia de las migraciones. Los inventos y descubrimientos ocurren muy raramente. Históricamente la difusión de las invenciones implicó viajes o migraciones entre varios países. Además, la fertilización cruzada de diferentes culturas dio paso a mejoras y, eventualmente, a nuevos inventos. Esto es particularmente cierto cuando la invención no consiste en un solo artefacto sino en un complejo conjunto de procedimientos. Este es el caso de la construcción.

Este breve artículo describe la migración de una invención, la bóveda tabicada, desde su origen, en algún lugar de la cuenca mediterránea, quizá en Andalucía hacia el siglo XII, y su posterior difusión por toda España en los siglos XVI y XVII. En el XVIII su uso se extendió también a Francia e Italia, y también se conoce algún ejemplo en Sudamérica. En el decenio de 1880 la bóveda tabicada llegó a América del Norte gracias a la inventiva, la pasión y la determinación de un hombre: Rafael Guastavino. La Compañía Guastavino construyó miles de bóvedas en Estados Unidos hasta la 2ª Guerra Mundial. Precisamente en ese decenio de 1940, la bóveda tabicada experimentó un renacimiento en Europa debido a la escasez de materiales (hierro y cemento) durante la guerra y la posguerra. En particular, fue utilizada ampliamente en España, después de la Guerra Civil de 1936–1939, en la reconstrucción de las regiones devastadas y en la restauración de edificios bombardeados. En una escala mucho más pequeña también se utilizaron bóvedas tabicadas en Francia en el decenio de 1940. Este viaje termina, para el presente artículo, en Alemania, más concretamente en la ciudad de Munich, donde la bóveda tabicada migró desde Italia y España, siendo empleada tanto en la restauración como en la obra nueva por la compañía constructora Gebruder Rank entre 1945 y 1970. La migración de la bóveda tabicada se extiende, pues, a lo largo de ocho siglos y, al menos, dos continentes.

Principios de la bóveda tabicada

Las bóvedas tabicadas consisten, típicamente, sentando los ladrillos de plano sobre el intradós ideal de la bóveda. En general constan de dos hojas, si bien algunas veces se hacen de una solo hoja doblada con ladrillos de plano formando nervios. La primera hoja se construye sin cimbras («en el aire») empleando un andamio mínimo para sostener a los albañiles y algunas guías auxiliares para controlar la forma (plantillas o camones y cintreles). El mortero es de yeso que fragua muy rápidamente y permite ir colocando los ladrillos hasta que formen arcos autoportantes. Los ladrillos deben estar cocidos. A continuación, se construye la segunda hoja (o los nervios) sobre la primera matando juntas. La primera hoja actúa como una cimbra para la segunda y el mortero ahora no necesita ser yeso. Tradicionalmente, era mortero de cal y desde el último cuarto del siglo XIX, mortero de cemento. Si la segunda capa está colocada con mortero de yeso (o un mortero de cemento de fraguado

rápido), los albañiles pueden trabajar por encima, soportados por la propia bóveda. Las bóvedas tabicadas son muy delgadas, típicamente de dos hojas de ladrillos con unos 100 mm de espesor total. Son muy ligeras y su construcción, que no precisa cimbras, es rápida y económica.

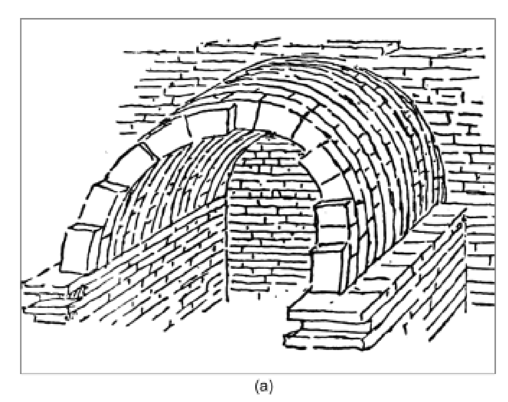
Primeras bóvedas sin cimbra

El posible origen de la invención de la bóveda tabicada siempre ha suscitado interés. En lo que sigue se apunta una conjetura donde la bóveda tabicada queda inscrita dentro de la tradición, mucho más antigua, de la construcción de bóvedas sin cimbra.

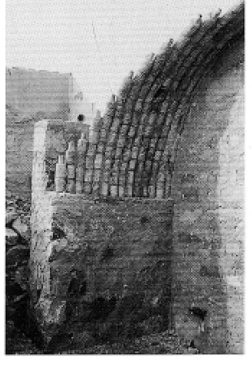
Bóvedas construidas por hojas

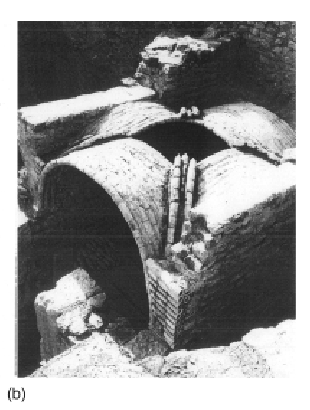
La construcción de bóvedas sin cimbra fue inventada en algún lugar de Oriente (Egipto, Mesopotamia o el Cáucaso) ca. 2000 d. C., unos 1.500 años después de la invención del arco o cúpula (Baitimova 2008, Besenval 1984, El-Naggar 1999). Estas bóvedas se construyeron disponiendo ladrillos, no con juntas radiales como en un arco de dovelas típico, que necesita una cimbra, sino disponiendo los ladrillos de plano según un plano inclinado, casi vertical. En primer lugar se construye un muro y luego los ladrillos de tierra o adobes se van pegando a él hasta completar un arco. Este arco actúa como cimbra para la siguiente serie de ladrillos, y de esta manera se va formando un cañón de bóveda. El mortero empleado era barro de arcilla o betún. La técnica es muy adecuada para construir bóvedas de cañón, pero también se desarrolló una variante del método que permitió construir bóvedas sobre salas rectangulares. Las primeras bóvedas sirvieron de techo a tumbas y eran de pequeño tamaño (luces entre 1m y 1,5 m). En el segundo milenio a. C. emergen del subsuelo y se empiezan a usar para edificaciones o puertas de murallas con luces que triplicaban o cuadriplicaban las primeras (unos 4 m en los graneros del Ramesseum). Estas técnicas migraron y se difundieron por Asia Menor y la cuenca mediterránea hasta el comienzo de nuestra era. Los romanos las aplicaron aplicando las hojas verticales (según Lancaster (2015) el primer ejemplo romano fechado es de ca. 140 d. C., en un acueducto en Atenas). Los sasánidas las emplearon en la construcción de grandes cúpulas y bóvedas (por ejemplo, la gran bóveda del palacio de Ctesifonte de 25 m de luz). Los bizantinos explotaron todas las posibilidades del sistema (Choisy 1883).

El sistema fue empleado en la construcción islámica desde sus inicios (Cejka 1978) y los árabes trajeron la técnica a España donde se conocen varios ejemplos en la construcción hispano-musulmana. No hay un estudio sobre su difusión en la península. En el siglo XIII se empleaban para construir los plementos de bóvedas de crucería, por ejemplo en la iglesia-castillo de Calatrava la Nueva, Fig. 2 (a). A partir de 1500 hay numerosos ejemplos de su empleo en la construc-



(a)





(b)

Figura 1
Bóvedas sin cimbra. (a) Por hojas (Jackson 1920) b) de tubos (Storz 1994)

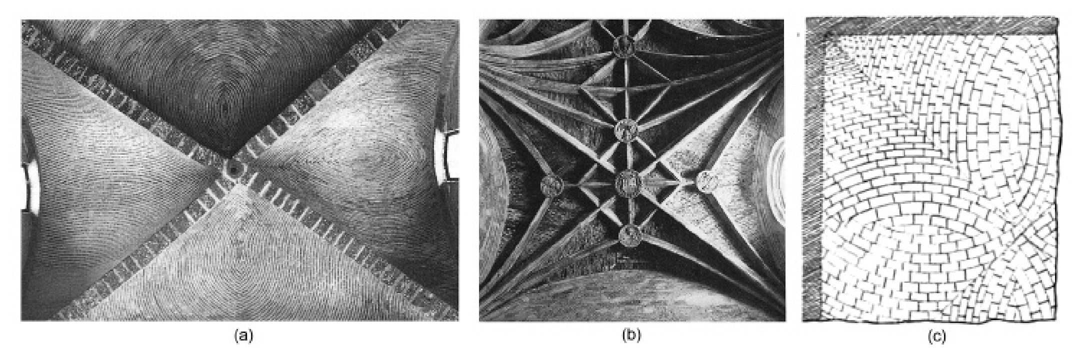


Figura 2
Plementos de ladrillo construidos por hojas. (a) Calatrava la Nueva, s. XIII (Araguas 2003); (b) Colegio de San Pelayo, Salamanca s. XVI (Casaseca 1988); (c) plementerías de ladrillo sin cimbra (Lassaulx 1829)

ción sin cimbra de las plementerías de las bóvedas tardo-góticas de Castilla (Marías 1991). Cuando se ha picado el enlucido el aparejo típico es muy visible, Fig. 2 (b). Según Sánchez Leal (2000) hay también ejemplos desde esa fecha en Extremadura. El mismo autor piensa que las bóvedas de hojas debieron migrar también a América en el siglo XVI (de hecho la técnica pasó finalmente a la arquitectura vernácula en algunas zonas de México y ha sido recientemente recuperada por algunos arquitectos, mereciendo mención Alfonso Ramírez Ponce). La técnica se difundió también por Europa central. Fue empleada en el gótico de ladrillo del norte de Alemania (Ungewitter 1890) y redescubierta por Lassaulx (1829), Figura 2 (c), véase Wendland (2008). Los métodos de cerrar las bóvedas con esta técnica se tradujeron más tarde a las bóvedas tabicadas. En el norte de África la técnica se mantuvo en la construcción tradicional algunas zonas. Fue recuperada en los años 1940 por el arquitecto egipcio Hassan Fathy que popularizó su empleo para construcciones nuevas.

Bóvedas de tubos huecos

Un tipo de bóveda derivada de la anterior es la llamada bóveda de «tubi fittili», con tubos huecos de cerámica. Las más antiguas se remontan al siglo III a. C. en Sicilia (Wilson 1992). Se derivan de las anteriores: en lugar de ladrillos, tubos huecos, y en vez de mortero de tierra o cal, yeso. Estas bóvedas podrían considerarse como un paso necesario para la invención de la bóveda tabicada: por primera vez se aprovecharon plenamente las propiedades excepcionales del mortero de yeso en combinación con piezas cerámicas. Esta técnica ha sido investigada en profundidad por Storz (1994) quien incluso ha reconstruido algunas bóvedas, fabricando los tubos cerámicos a partir de los originales. La disposición de tubos huecos siguen los mismos patrones típicos de las bóvedas por hojas mesopotámicas, siguiendo la construcción de arcos sucesivos hasta que la bóveda está cerrada, Figura 1 (b). Las bóvedas de tubos huecos se utilizaron extensamente en el norte de la África romana, en particular en Túnez (Storz 1994; Lancaster 2015). En época romana eran la cimbra permanente para la bóveda de hormigón. Desde el norte de África se extienden por toda Europa y Bizancio (Choisy 1883, y referencias en Wilson 1992). Más tarde se emplearon para bóvedas de iglesias con techumbre de madera, la bóveda está entonces formada por varias capas de tubos huecos tomados con yeso (por ejemplo, el Baptisterio Neoniano, s. V, y San Vital de Rávena, s. VI).

Ladrillos de plano en la construcción romana

Auguste Choisy fue el primero en dar una exposición sistemática de las técnicas de abovedamiento romanas (Choisy 1873). Choisy llamó la atención sobre el empleo de «armaduras» de ladrillo, arcos o cáscaras, para reducir el coste de las cimbras. En particular, describe el empleo de ladrillos bipedales colocados

de plano para reducir la madera del encofrado para el hormigón, Fig. 3 (a). Pero Choisy también arguyó que este dispositivo no sólo podría producir un encofrado sino que también podría actuar como una armadura verdadera, soportando todo el peso del hormigón antes de su fraguado, siempre que los riñones de la bóveda se hubieran macizado hasta cierta altura, Fig. 3 (b). En su *Histoire de l'architecture* (1899) va un paso más allá y explica el posible proceso de construcción de estas armaduras de grandes ladrillos sin cimbra, Fig. 3 (c). De hecho, durante su estancia en Italia Choisy dice haber visto la construcción de bóvedas tabicadas («volte alla volterrana» o «volte a foglio»). La hipótesis de Choisy fue aceptada por algunos escritores posteriores sobre el origen de la bóveda tabicada (quizá el primero fue Domenech 1886). Sin embargo, Lancaster niega esta posibilidad señalando que no se han encontrado rastros de mortero en los bordes de los bipedales, que hay rastros para el soporte de la cimbra y que, en cualquier caso, el peso del bipedales (25 kg) habría sido excesivo para la fuerza adherente del mortero.

Conjeturas sobre el origen de la bóveda tabicada

Arthur Koestler en su *Act of creation* (1964) argumenta, de manera muy convincente, que cualquier descubrimiento o invención se produce cuando varias «matrices de pensamiento» diferentes se combinan en la mente del inventor. Una conjetura plausible es que en algún lugar en los países mediterráneos que forman parte del imperio romano, la idea construir bóvedas sin cimbra por arcos sucesivos, se pudo combinar con el empleo del yeso (bóvedas tubo hueco) en vez de mortero de cal, aprovechando su rapidez de fraguado y su gran adherencia, para sentar con rapidez los ladrillos de plano (armaduras romanas de bipedales). La fusión de estas tres ideas hubiera dado lugar a una técnica de abovedar completamente nueva, la bóveda tabicada.

La España romana ocupada por los árabes parece un lugar ideal para este cruce de ideas. En cualquier caso, el descubrimiento del arquitecto y arqueólogo español Antonio Almagro en 2000 de los restos de una escalera de bóveda tabicada en una casa islámica del siglo XII en Siyasa (Murcia) tiene una importancia extraordinaria (Almagro 2001), Fig. 4. Por otra



Figura 4
Primera bóveda tabicada conocida en la Casa n ° 10 de Siyasa (Cieza, Murcia, España) descubierta por Almagro (2001) (foto cortesía de A. Almagro)

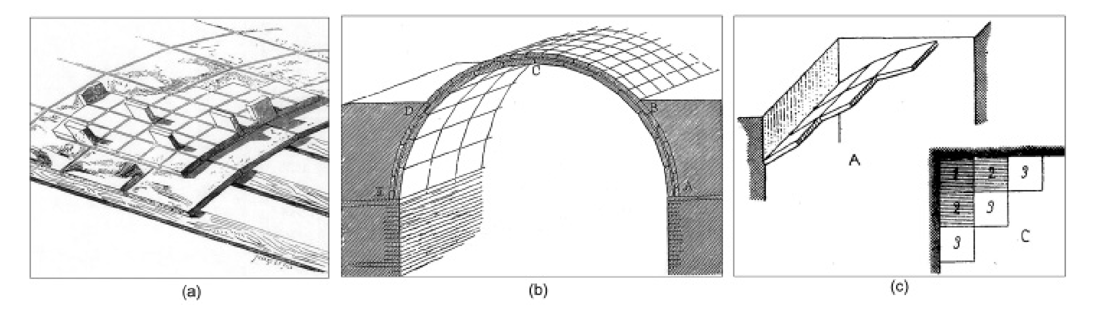


Figura 3
(a) Ladrillos de plano para formar el encofrado; (b) Armadura estable con riñones macizados (Choisy 1873); c) construcción sin cimbra (Choisy, 1899)

parte las técnicas de construcción de bóvedas en la arquitectura islámica están todavía por estudiar en profundidad; sólo existen estudios aislados, de gran valor, pero que no permiten formarse una idea global. Hace falta un «choisy» que dedique trabajo e inteligencia para ordenar el asombroso patrimonio abovedado islámico.

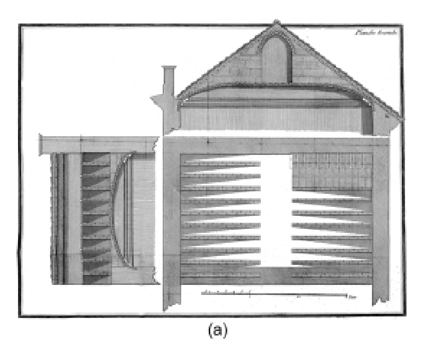
Este hallazgo de Almagro pone la bóveda tabicada en un lugar que ha visto la fertilización cruzada de diferentes culturas: visigoda, romana y bizantina, islámica y cristiana y establece su origen dos siglos antes. Hasta ahora los ejemplos más antiguos se encuentran en Valencia en la segunda mitad del siglo XIV, y es allí donde este arte de la bóveda se cita explícitamente en un documento (Araguas 2003). El interés reciente de varios investigadores en el tema, sin duda arrojará en un futuro próximo nuevos hallazgos (Zaragozá et al. 2012).

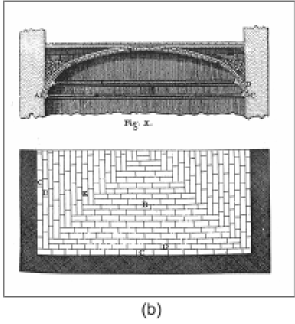
La bóveda tabicada en los siglos XVI al XIX

Las bóvedas tabicadas se utilizan con frecuencia en España desde el siglo XVI, pero se desconoce su difusión real. Los estudios actuales se limitan a zonas geográficas o edificios concretos, principalmente en Cataluña, Valencia y Extremadura. De hecho, es un tema difícil que requiere una investigación laboriosa: todas las bóvedas de ladrillo fueron enlucidas y con frecuencia la única manera de conocer la verdadera su naturaleza es inspeccionar su trasdós.

El tratado de arquitectura de Fray Lorenzo de San Nicolás, Madrid, 1639), explica con detalle la técnica tabicada para cualquier tipo de bóveda, incluyendo las bóvedas de escalera. Esta es una prueba definitiva de la amplia utilización de bóvedas tabicadas en Castilla hacia 1600. La bóveda tabicada se siguió empleando en una gran parte de España en los siglos XVIII y XIX. En la segunda mitad del siglo XIX se empezó emplear en Cataluña en edificios fabriles. Es posible que hubiera ejemplos también en otras zonas de la península.

En el Rosellón francés también se encuentran bóvedas tabicadas desde el siglo XV; probablemente la técnica se transmitió desde Cataluña. En la primera mitad del siglo XVIII la construcción tabicada despertó el interés de los arquitectos franceses. En la Académie Royal d'Architecture sus ventajas se discutieron en varias sesiones en el decenio de 1740 (Bannister 1968). El conde d'Espie, en 1754 publicó un libro sobre bóvedas tabicadas haciendo hincapié en su resistencia al fuego, su ligereza y economía, Fig. 5 (a). Además, según Espie, estas bóvedas eran monolíticas y no ejercían ningún empuje. (Esta última propiedad es falsa, las bóvedas tabicadas empujan como cualquier bóveda de fábrica (Huerta 2003).) Esta combinación de ventajas, unas ciertas y otras ilusorias, llamó inmediatamente la atención de constructores y arquitectos, y el libro tuvo gran difusión con traducciones al inglés, alemán y español. Las observaciones y teorías de Espie se incorporaron al famoso *Cours d'architecture* de Blondel y Patte (1777), Fig. 5 (b), y fueron recogidas también en el tratado de Rondelet (1802), sin duda el tratado de construcción más influyente del siglo. Por influencia de Rondelet, varios tratados del siglo XIX, en Francia





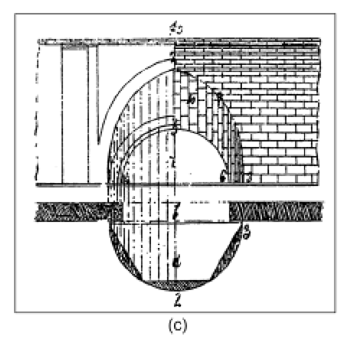


Figura 5
(a) Techo tabicado (Espie 1754); (b) Construcción de una bóveda tabicada (Blondel / Patte 1777); (c) Bóveda de cañón con lunetos (Fornés 1841)

y Alemania, mencionan las bóvedas tabicadas. En España, los tratados académicos siguen a los franceses. Una excepción notable es el tratado del arquitecto valenciano Manuel Fornés y Gurrea (1841), Fig. 5 (c).

En Italia, la bóveda tabicada debió tener bastante difusión en los siglos XVII al XIX, pero no existen estudios concretos. En la segunda mitad del siglo XIX aparece descrita en algunos manuales de arquitectura (véase, por ejemplo, Cavalieri San-Bertolo 1831). Algunos arquitectos o ingenieros extranjeros describen la técnica. Se ha citado ya a Choisy; el alemán Wild (1856) escribió un artículo que describe con detalle su construcción en Toscana.

Rafael Guastavino y la migración de la bóveda tabicada hacia América del Norte

La migración de técnicas de construcción rara vez se asocia con una sola persona. Este es, sin embargo, el caso de Rafael Guastavino, que dedicó su vida a la difusión y perfeccionamiento de la técnica tabicada (la monografía más completa, Ochsendorf 2012). Nacido en Valencia en 1842, se trasladó en 1861 a Barcelona para estudiar maestro de obras. Allí quedó fascinado con las posibilidades de la bóveda tabicada en la arquitectura, y realizó numerosas obras con bóvedas tabicadas en Barcelona, algunas de gran importancia como la fábrica de Batlló (1869–1875). Emigró a América en 1881, donde esperaba encontrar un ambiente más propicio para proyectar y construir arquitectura con bóvedas tabicadas. En aquella época la mayoría de las bóvedas de los edificios americanos eran falsas, camones de listones enyesados colgados de las armaduras de cubierta. Guastavino se enfrentó a una tarea formidable, pues debía convencer a los arquitectos e ingenieros y a las autoridades locales de la viabilidad de sus bóvedas tabicadas. Consciente de ello, desplegó desde su llegada una actividad frenética. W. Blodgett, su contable, lo describió así: «Contrariamente a la impresión general del carácter español, era una persona extraordinariamente alerta y activa, tanto física como mentalmente. De hecho, nunca conocí a un hombre más inteligente y vivo en toda mi experiencia. Era un trabajador incansable del día a la noche, y exigía lo mismo a sus colaboradores» (*The Brickbuilder* 1908).

En 1885 presentó sus primeras patentes de bóvedas tabicadas (la empresa llegó a presentar casi 30 patentes). Dos años más tarde, en 1887, comenzó una serie de ensayos de resistencia; los resultados fueron publicados y se convirtieron en la referencia para su trabajo posterior. En 1889 fundó su empresa, «Guastavino Fireproof Construction Company». Ese mismo año comenzó su colaboración con McKim, Mead y White para la construcción de las bóvedas de la Biblioteca Pública de Boston. Esta obra estableció su reputación como gran constructor de bóvedas. En años sucesivos siguió realizando ensayos de carga y de resistencia al fuego. Pronunció varias conferencias y, finalmente, publicó un libro *Essay on the Theory and History of Cohesive Construction* (1892), con el que consiguió el respeto académico. La actividad de Guastavino nunca se relajó hasta su muerte en 1908. Afortunadamente, desde mediados de la década de 1890 contó con la extraordinaria ayuda de su hijo, también llamado Rafael (1872–1950), que se convirtió también en un maestro de las bóvedas tabicadas. Tras la muerte de Guastavino padre, Rafael hijo mantuvo la empresa funcionando al mismo nivel de actividad hasta su retiro en 1943 (la Compañía continuó hasta su cierre en 1962, año en el que Collins rescató su archivo).

El aspecto convencional de las cúpulas y bóvedas históricas construidas por los Guastavino ocultó soluciones extraordinariamente ingeniosas de equilibrio (dibujos constructivos en Huerta 2001 y, sobre todo, Ochsendorf 2012). Esta combinación de fábrica y hierro es quizá la contribución, el «invento», más original de Guastavino al arte de la construcción. Sus reflexiones sobre este tema están contenidas principalmente en su tercer libro publicado en1904. La fábrica debe trabajar a compresión y el hierro es necesario para resistir los empujes de arcos y bóvedas. Además, la fábrica protege el hierro del fuego o de la oxidación. Guastavino consideraba el hierro como un material auxiliar. El elemento principal es la fábrica que transmite el significado estético, y consideraba que esta unión de fábrica (tabicada) y hierro constituía un avance fundamental en el desarrollo de la arquitectura y el camino para su desarrollo futuro. Una de las estructuras más interesantes proyectadas por Guastavino, que muestra el ingenio y la originalidad en la combinación de bóvedas tabicadas y elementos de hierro forjado, se esconde detrás de lo que parece ser un castillo neo-medieval, los establos de la residencia de Howard Gould en Sands Point, Fig. 6.

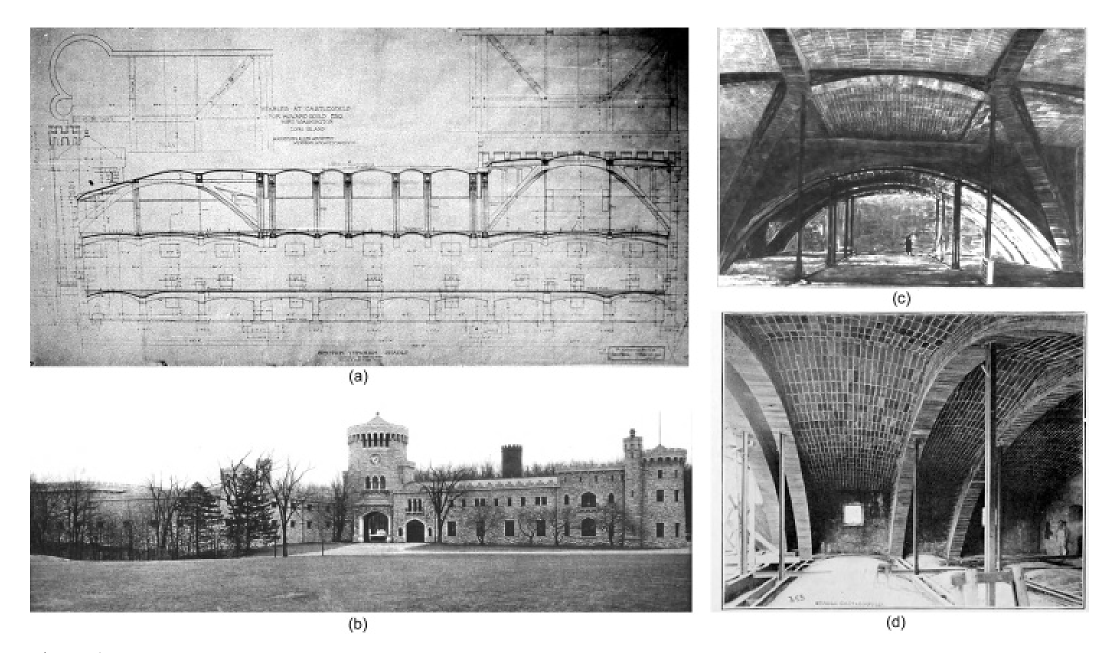


Figura 6
Establos en Castlegould, Sands Point: (a) Sección longitudinal (Archivo Guastavino, Avery Library); (b) vista del exterior (New York Architect 1907); (c), (d) vistas interiores (Brickbuilder 1903, 1904)

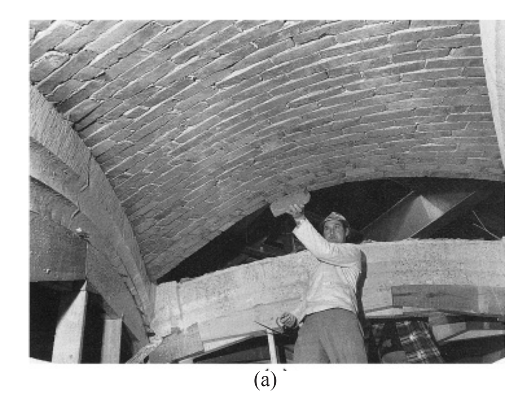
La bóveda tabicada en la Europa de la posguerra: España, Italia, Francia y Alemania

La bóveda tabicada experimentó un renacimiento en las años 1940 como consecuencia de las guerras, la española de 1936–39 y la Segunda Guerra Mundial de 1940–45. Por primera vez (Guernika fue la primera) se bombardeó a la población civil y los centros de las ciudades sufrieron una destrucción sin precedentes. La reconstrucción de los edificios abovedados históricos en una economía de posguerra obligó a recuperar las técnicas tradicionales de construcción sin cimbra: las bóvedas por hojas y las tabicadas. La extensión del uso de estas técnicas en los años 1940 al 1960 está por estudiar, pero se dispone información parcial restringida a ciertos monumentos que sugiere un fértil campo de estudio, Fig. 7. En lo que sigue nos centraremos en las bóvedas tabicadas.

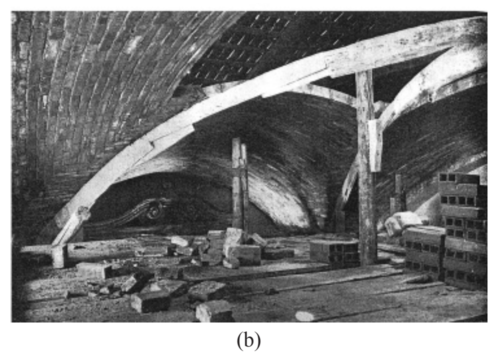
España

El arquitecto Luis Moya Blanco (1904–1990), bien relacionado con el régimen de Franco, construyó importantes edificios públicos y religiosos. En 1947 publicó su libro *Bóvedas tabicadas* que se convirtió en la referencia fundamental. Moya conocía la obra de Guastavino gracias al álbum de fotos que éste había presentado al Congreso de Arquitectos de 1904 e incluyó varias imágenes en su libro. En su obra, Moya combinó con gran ingenio la bóveda tabicada con el tipo de bóvedas de arcos entrecruzados típico de la arquitectura hispano-musulmana, Figura 8.

Otro documento importante es el libro de Ángel Truñó, arquitecto y profesor de la Escuela de Arquitectura de Barcelona. El libro fue escrito en el decenio de 1950 y explica con gran detalle los métodos de construcción de bóvedas tabicadas. El mecanoscrito permaneció inédito en la Biblioteca del Colegio de Arquitectos de Cataluña hasta su publicación en 2004 (Truñó 2004). Hay que citar también al arquitecto Ignacio Bosch Reitg (1910–1985) que construyó numerosas bóvedas tabicadas en Girona en los años 1940–60. Bosch publicó un influyente artículo en la *Revista de Arquitectura* en 1949 donde explicaba con detalle la construcción y el cálculo de las bóvedas tabicadas. No obstante, el alcance real del em-



(a)



(b)

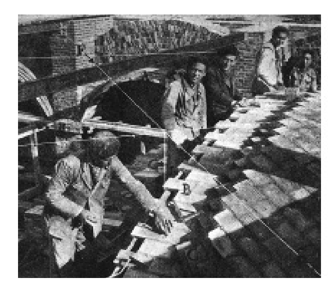
Figura 7
Reconstrucción de bóvedas por hojas. (a) St. Maria u. St. Wolfgang, Scheneeberg (Conrad 1990); (b) S. Teresa, Turín (Enthoven 1946)

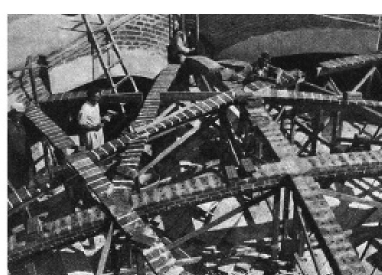
pleo de la bóveda tabicada durante los trabajos de reconstrucción y restauración de la posguerra española no se conoce todavía bien; sólo se han estudiado casos aislados (por ej. Villanueva de la Cañada, Casas Baratas en Girona) y es de esperar que en un futuro próximo nuevas investigaciones nos permitan conocer mejor este episodio singular de la historia de la construcción en España.

Francia

En Francia, la bóveda tabicada continuó siendo empleada durante el siglo XIX. De nuevo, no hay estudios específicos y se desconoce la difusión y empleo de la técnica. No obstante, hay datos que hacen presumir que tuvo importancia. Por ejemplo, los ensayos sobre bóvedas tabicadas hacen patente el interés sobre el sistema. Los primeros ensayos de D'Olivier (1837) tuvieron un sesgo científico, tratando de determinar el empuje de las bóvedas tabicadas (en contradicción con la teoría monolítica de Espie). Pero la segunda serie de ensayos de Fontaine (1865), cargando bóvedas de gran tamaño hasta la rotura, sólo se justifican en el contexto de un empleo sistemático de las bóvedas tabicadas. Muy probablemente, se llevaron a cabo con el objetivo de emplear las bóvedas en edificios fabriles a prueba de fuego (Redondo 2003).

Un sistema de construcción de bóvedas tabicadas fue patentado en Francia a finales del siglo XIX: el «Système Fabre» (patentado en 1896). Cunha (1900) describe el sistema y su aplicación a la construcción de la cúpula (24 m) del Petit Palais de la Exposición Universal de París en 1900. El sistema se empleó principalmente para la construcción de bóvedas de iglesias, Fig. 9. Según Abraham (1941) la «Maison Fabre» habría construido miles de bóvedas de iglesia de ladrillo con sólo 4 cm de espesor.





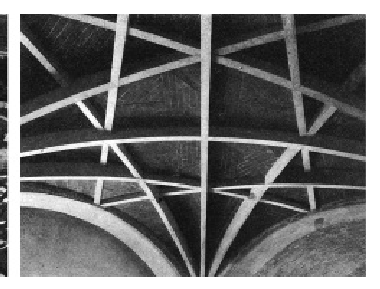


Figura 8
Construcción de bóvedas en el Museo de América en Madrid ca. 1945. a) Bóveda de cañón; (b) y (c) bóveda de arco cruzado islámico (Moya 1947)

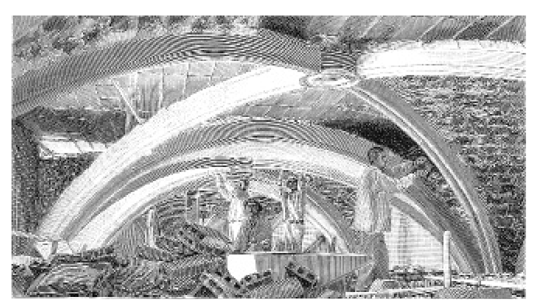
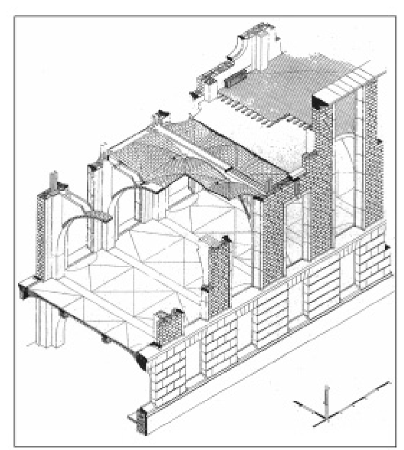


Figura 9
Construcción de una bóveda de crucería con el «Système Fabre» (Cunha 1900)

Otro episodio se refiere al arquitecto francés Pol Abraham (1891–1966), bien conocido por los historiadores de la construcción por su libro sobre Viollet-le-Duc. Abraham combinó su intereses académicos con el trabajo profesional como arquitecto. Al inicio de la 2 ª Guerra Mundial se interesó en la bóveda tabicada. Debía proyectar dos edificios para la Chambre d'Apprentisage en Aubressy; siendo imposible utilizar hormigón armado y el acero debido a la escasez de estos materiales, decidió utilizar bóvedas tabicadas. En 1941 pronunció una conferencia sobre la historia y ventajas de la bóveda tabicada (Abraham 1941). El año siguiente (Abraham 1942) publicó sus proyectos de los dos edificios citados, para ser construidos empleando fábricas tabicadas, Figura 10. Finalmente, en un artículo sobre el empleo de los métodos tradicionales en la reconstrucción y en la obra nueva, vuelve a recomendar el empleo de las bóvedas tabicadas (Abraham 1945).

Alemania

La bóveda tabicada era conocida en Alemania al libro de Espie, pero no hay constancia de su empleo en los siglos XVIII y XIX. Resulta sorprendente que, sin ningún precedente anterior, se emplearan las bóvedas tabicadas en los trabajos de reconstrucción después de la 2 ª Guerra Mundial en Munich. Se trata, sin duda, de otro curioso episodio de migración de esta técnica. El el origen está en el encuentro de dos personas: el arquitecto Carl Sattler y el constructor, Max Rank. Ambos compartían antes de conocerse una fascinación por bóvedas tabicadas. Este episodio ha pasado desapercibido en las numerosas contribuciones recientes sobre la construcción tabicada. Resumiré el proceso de redescubrimiento. Durante los trabajos de preparación de la Exposición y el Libro sobre Guastavino de 2001 (Huerta 2001), Gema López Manzanares me llamó la atención sobre una cita en el libro de Bassegoda (1952, 1956) sobre bóvedas tabicadas: «Incluso los técnicos alemanes, que sonreían, incrédulos, ante nuestras bóvedas de escalera,



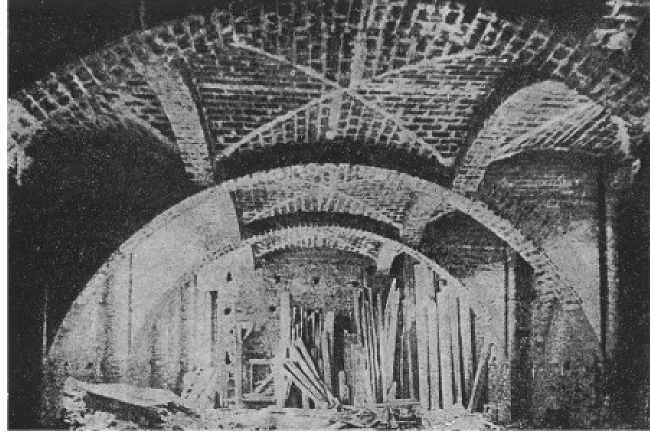


Figura 10
Chambre d'Apprentisage, Aubressy. Museo de albañilería. (a) Perspectiva (Abraham 1942); (b) vista interior (Bassegoda 1952)

inquiriendo la cuantía del hierro englobado en su masa, han encajado la lección, y los hermanos Rank prodigan en Munich la bóveda catalana, aunque luchando denodadamente con la dificultad de los tamaños y la inexperiencia del personal». La edición de 1956 incluía la foto reproducida en la Fig. 11.

¿Quién era el tal Rank? El verano de 2001, en una estancia en Munich, encontré un librito *Hundert Jahre Rank*, publicado por Max Rank en 1962. En él se hacía referencia al empleo de las bóvedas tabicadas y se incluía una foto impresionante a toda página de una bóveda histórica reconstruida (Fig. 12). No encontré nada más. Pasaron los años y, perdida ya la esperanza de encontrar un rastro, mi amigo Dirk Bühler, conservador en el Deutsches Nuseum, con quien había compartido mi interés en las bóvedas de Rank, me envió por correo en 2012 un ejemplar recién impreso del libro *150 Jahre Rank*, publicado por Paul Basiner (Basiner 2012), último miembro en activo de la familia Rank. En él, por fin, encontré un capítulo completo sobre la construcción de bóvedas tabicadas por la empresa Rank. Herr Basiner permitió escanear la información pertinente del archivo y, finalmente, pronuncié una conferencia en el Deutsches Museum en 2015 (Huerta 2015). En las presentes Actas Dirk Bühler publica una reseña detallada de la empresa Rank y su relación Sattler. En lo que sigue me limitaré sólo a algunos aspectos técnicos.

Carl Sattler (1877–1966) nació en Florencia y estudió arquitectura en Dresde (una completa monografía sobre su vida y obra en Scherer 2007). Entre 1898 y 1906 trabajó en Florencia donde proyectó algunas villas. Durante la construcción de una de ellas conoció un maestro albañil que le introdujo en la construcción de bóvedas tabicadas («volte leggere» en Toscana). Sus diarios muestran la profunda impresión que esta técnica le produjo. A partir de 1906 se estableció en Munich, pero mantuvo su interés, continuó haciendo viajes a Italia y empleó las bóvedas tabicadas en algunos de sus proyectos italianos, como en la Villa Apuana de Florencia (1913).

Nombrado director de la Kunstgewerbeschule (Escuela de Artes Aplicadas) en 1926, fue obligado a dimitir en 1933 por el origen no-ario de su mujer y en



Figura 11
Construcción de bóvedas tabicadas en el Landeszentralbank de Munich (Bassegoda 1956; original tomado del Archivo Basiner)

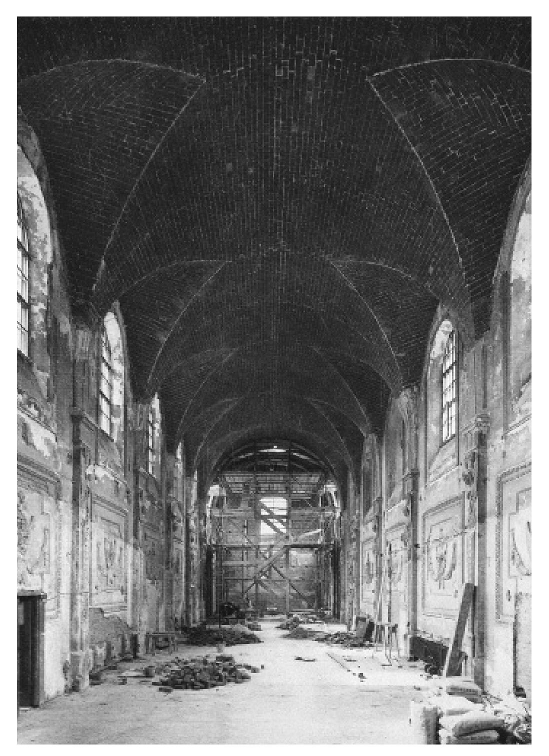


Figura 12
Reconstrucción de la bóveda de la Agustiner Kirche (hoy Jagdmuseum) en Munich, 1961 (Rank 1962)

1939 fue jubilado forzosamente. A pesar de no pertenecer al partido Nazi, pudo seguir trabajando ocasionalmente y usando algunas instalaciones de la Escuela. Hacia 1935 escribe un corto ensayo sobre las ventajas de las bóvedas tabicadas (transcrito en Scherer 2007). En él, comienza lamentando la práctica desaparición de las bóvedas en la arquitectura, pues, dice, «el arte de la construcción de bóvedas es la cumbre de la construcción de fábrica» y considera que la carestía del acero servirá para revivir la construcción de bóvedas. Sattler expone las ventajas que supondría aplicar esta técnica en nuevas construcciones, dado el enorme aumento del precio del acero por la situación económica. Elogia su gran delgadez, su resistencia y su economía y rapidez de ejecución dado que se construyen sin cimbra, empleando sencillas guías. Señala, además, que se pueden construir todo tipo de bóvedas: de cañón, en rincón de claustro, cúpulas, escaleras). También analiza los problemas que supondría importar la técnica: la necesidad de educar a los albañiles alemanes y de adaptar la normativa de construcción. Finalmente, explica cuál sería el proceso de construcción de una casa de pisos con este tipo de bóvedas.

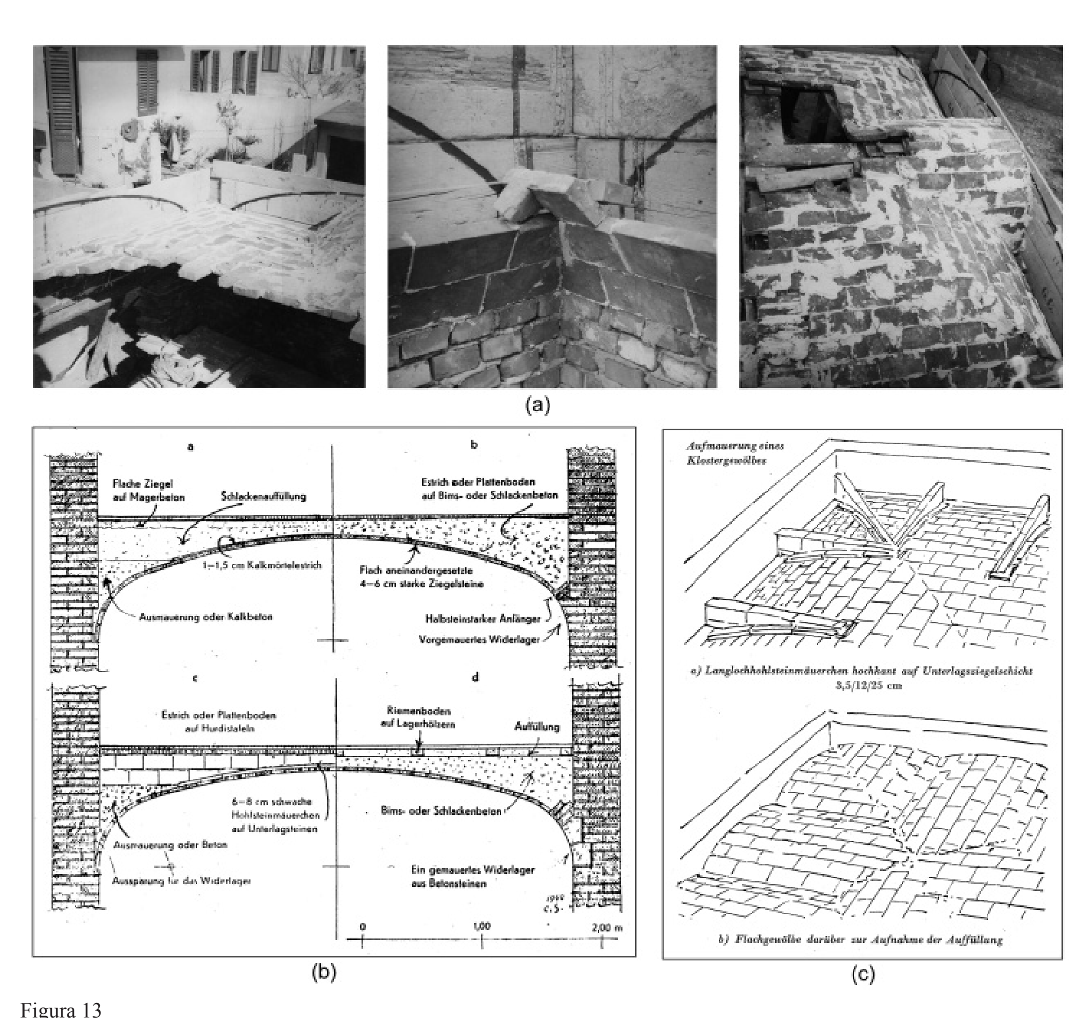


Figura 13
(a) Bóveda de prueba en Italia 1940; (b) Detalles constructivos (Sattler 1941); (c) Trasdosado con bovedillas sobre muretes (Satltler 1948)

A principios de 1940 recibió el encargo del Reichsminister Todt de viajar a Italia a estudiar las bóvedas tabicadas, que Todt sabía se estaban empleando en España e Italia. Sattler estuvo en Italia cinco semanas. En tan corto período de tiempo, habló con albañiles y constructores, visitó edificios y mandó construir una serie de bóvedas de ensayo. El conocimiento adquirido fue recogido en varios artículos, el más completo publicado en 1941 (Sattler 1941); una versión revisada se incluyó en un libro de Friedrich Hess, profesor en el Politécnico de Zürich, sobre las bóvedas de ladrillo (Sattler 1948) (Fig. 13).

Max Rank (1900–1975), pertenecía a la tercera generación de la familia de constructores de la empresa «Gebrüder Rank», radicada en Munich . La familia Rank tenía conexiones con España y Max Rank, su padre Joseph y su tío Ludwig hicieron frecuentes visitas a España. Finalmente, Ludwig Rank fundó en España la empresa «Hermanos Rank», independiente de la compañía alemana (Bühler 2017). En un viaje a Sevilla en 1934, Josef Rank se maravillaba de la rapidez, ligereza y economía de andamios: «es asombrosa la habilidad de los albañiles que asentando y doblando con ladrillos de sólo 3 cm de espesor construyen las más hermosas bóvedas» (Basiner 2012). Atribuía esta economía extrema a la escasez de madera en España. En uno de sus viajes a España , Max Rank adquirió el libro de Moya (1947) y adquirió la revista con el artículo de Bosch (1949). Asimismo visitó el Museo de América en construcción y varias obras de Truñó en Barcelona.

Sattler, el arquitecto, y Rank, el constructor, se reunieron en la reconstrucción de la Landeszentralbank en Munich (1948–1951), Fig. 14. Se realizaron ensayos de resistencia y, posiblemente, vinieron albañiles españoles para enseñar a los alemanes. Sattler empleó, según Scheerer, bóvedas tabicadas en la ampliación del Vereinsbank (1945–1952). No hay más noticias de Sattler en este sentido. Por el contrario, la empresa Rank empleó en numerosas ocasiones las bóvedas tabicadas en la reconstrucción. El libro de Basiner (2012) detalla las obras. Como ejemplo, se muestra en la Figura 15 la reconstrucción de la Reiche Kapelle de la Residenz. La empresa Rank también empleó las bóvedas de hojas, por ejemplo en la reconstrucción de la Glyptothek. También las emplearon en obra nueva, a veces para imitar de forma económica las cáscaras cilíndricas de hormigón armado, entonces de moda (Bühler 2017). La construcción de bóvedas tabicadas cesó, al parecer, a principios de los años 1960.

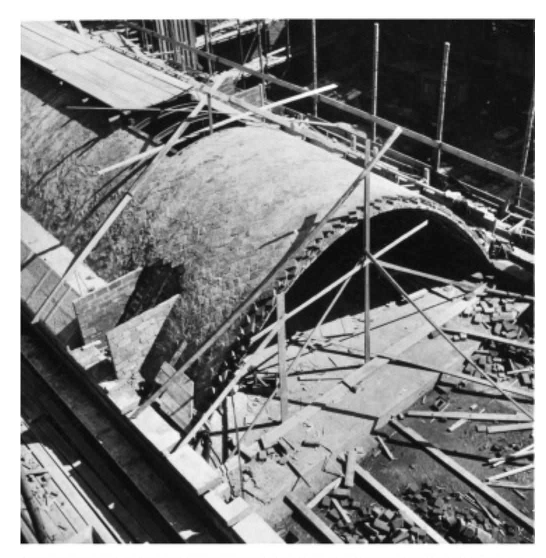




Figura 14
Bóvedas tabicadas en el Landeszentralbank, Munich (1948–1951) (Archivo Basiner)

Lista de referencias

Abraham, P. 1941. «Les aires planes portantes en maçonnerie». *L'Architecture Française* 2 (13): 37–43.

Abraham, P. 1942. «Chantier d'application de la maçonnerie d'Andressy. Internat pour 150 élèves». *L´Architecture Française* 2 (15): 25–34.

Abraham, P. 1945. *L´evolution des procédés traditionnels de construction dans la maçonnerie de bâtiment.* Paris: Institut technique du bâtiment et des travaux publics.

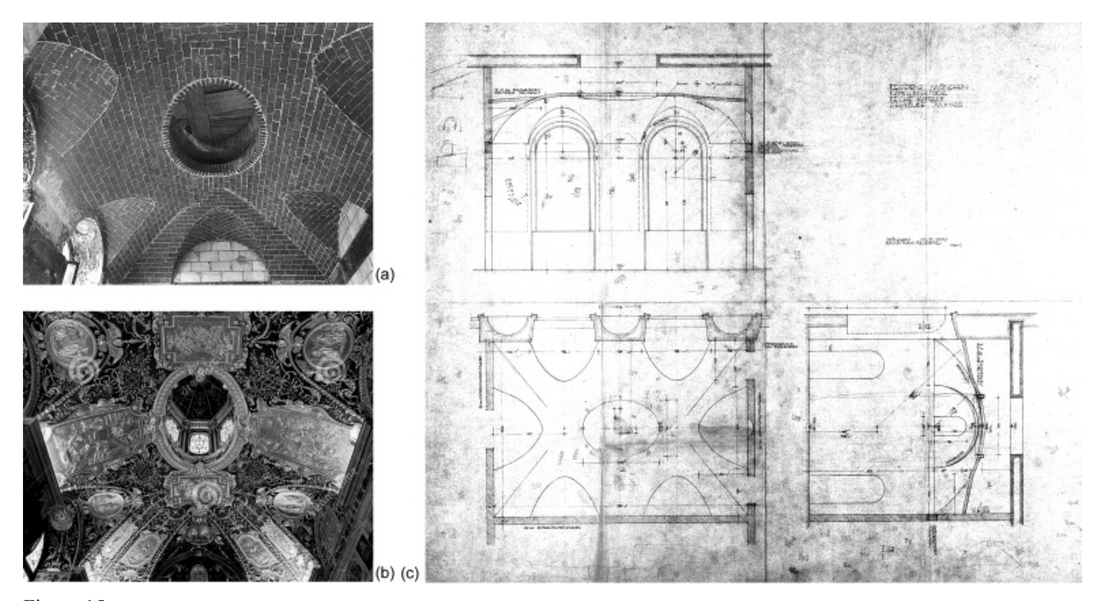


Figura 15
Reconstrucción de la bóveda de la Reiche Kapelle, 1957 (Archivo Basiner). (a) Bóveda tabicada; (b) estado actual; (c) plano de ejecución

Almagro, A. 2001. «Un aspecto constructivo de las bóvedas en Al-Andalus». *Al- Qantara. Revista de estudios árabes (CSIC)* 22: 147-170.

Araguas, Ph. 2003. *Brique et architecture dans l'Espagne médiévale (XIIe-XVe siècle)*. Madrid: Casa de Velázquez.

Baitimova, N. S. 2008. *5000 Jahre Architektur in Mittelasien: Lehmziegelgewölbe vom 4./3. Jt. v. Chr. bis zum Ende des 8. Jhs. n. Chr*. Mainz: Philipp von Zabern.

Bannister, T.C. 1968. The Roussillon Vault. The Apotheosis of a 'Folk' Construction. *Journal of the Society of Architectural Historians,* 27:163–75.

Basiner, P. et al. 2012. *150 Jahre Rank. Fünf Generationen, 1862–2012*. München: Koethen.

Besenval, R. 1984. *Technologie de la voûte dans l'Orient Ancien.* Paris: Editions Recherche sur les Civilisations.

Blondel, J.F. and P. Patte. 1771–77. *Cours d'Architecture.* Paris: Veuve Desaint.

Bosch Reitg, Ignacio. 1949. «La bóveda vaida tabicada». *Revista Nacional de Arquitectura*:185–99.

Bühler, D. 2017. «La constructora "Hermanos Rank" y la introducción de las bóvedas tabicadas en Munich a partir de 1947». *Actas del 2. Congr. Int. Hisp.-Americano de Historia de la Construcción.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Cejka, J. (1978). *Tonnengewölbe und Bogen islamischer Architektur. Wolbungstechnik und Form*. Dissertation: München. Techn. Univ. Fachbereich Architektur.

Choisy, A. 1873. *L'art de bâtir chez les Romains.* Paris: Ducher.

Choisy, A. 1883. *L'art de bâtir chez les Byzantines.* Paris: Librairie de la Societé Anonyme de Publications Périodiques.

Choisy, A. 1899. *Histoire de l'Architecture.* Paris: G. Béranger.

Collins, G. R. 1968. «The Transfer of Thin Masonry Vaulting from Spain to America». *Journal of the Society of Architectural Historians,* vol. 27: 176–201.

Cunha, A. 1900. «Les voûtes sans cintres». *Les travaux de l'exposition de 1900.* Paris: Masson, pp. 70–74.

Espie, Comte d'. 1754. *Manière de rendre toutes sortes d'édifices incombustibles. . .* Paris: Duchesne.

Fornés y Gurrea, Manuel. 1841. *Observaciones sobre la práctica del arte de edificar.* Valencia: Imprenta de Cabrerizo.

Guastavino, R. 1892 [2nd ed. 1893]. *Essay on the Theory and History of Cohesive Construction, applied especially to the timbrel vault.* Boston: Ticknor and Company. Guastavino, R. 1904. *The function of masonry in modern architectural structures. Part II.* Boston: America Printing Co. (Trad. esp. en: Guastavino 1904b; *Escritos*, 2006)

Guastavino, R. 2006. *Escritos sobre la construcción cohesiva*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Huerta, S. (ed.) 2001. *Las bóvedas de Guastavino en América.* Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Huerta, S. 2003. «The mechanics of timbrel vaults: a historical outline». En:*Essays in the History of Mechanics,* A. Becchi et al. (eds.). Basel: Birkhäuser, 89–133.

Huerta, S. (2015). Die Firma Rank und die spanische Gewölbetechnik in München. Conferencia inédita dictada en el simposio: *Betonbau in München. Geschichte und Erhaltung*. Deutsches Museum, München, 3 diciembre 2015.

Koestler, Arthur. 1964. *The act of creation*. New York: Macmillan.

Lancaster, L. C. 2015. *Innovative vaulting in the architecture of the Roman Empire, 1st to 4th Centuries*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lassaulx, J. C. 1829. Beschreibung des Verfahrens bei anfertigung leichter Gewölbe über Kirchen und ähnlichen Räumen. *Journal für die Baukunst* 1: 317–330.

Marías, F. 1991. Piedra y ladrillo en la arquitectura española del siglo XVI. In *Les chantiers de la Renaissance,* J. Guillaume (ed.). París: Picard, 71–83.

Moya Blanco, L. 1947. *Bóvedas Tabicadas*. Madrid: Dirección General de Arquitectura.

Ochsendorf, J. 2010. *Guastavino Vaulting: The Art of Structural Tile*. New York: Princeton Architectural Press. (Spanish transl: *Las bóvedas de Guastavino: el arte de la rasilla estructural*. Barcelona: 2014.)

Rank, M. 1962. *Hundert Jahre Rank. 1862–1962*. München: Baugesellschaft Gebr. Rank.

Redondo, E. 2013. *La bóveda tabicada en España en el siglo XIX: La transformación de un sistema constructivo*. PhD Dissertation. Universidad Politécnica de Madrid.

Rondelet, J. 1802–10. *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir.* Paris: Chez l'auteur.

San Nicolás, Fray Lorenzo de. 1639. *Arte y Uso de Architectura. Primera parte.* Madrid.

Sattler, C. 1941. «Leichtgewölbe in Italien». *Das Bauwerk* 1: 1–5, 37–41.

Sattler, C. 1948. «Leichtgewölbebau». En: *Steinverbände und Gewölbebau aus künstlichen Steinen*, por F. Hess. München: Hermann Rinn, 87–94.

Scherer, B. M. 2007. *Der Architeckt Carl Sattler. Leben und Werk (1877–1966)*. München: Martin Meidenbauer.

Sánchez Leal, J. 2000. Bóvedas extremeñas y alentejanas de rosca y sin cimbra. *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, A. Graciani et al. (eds.). Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Storz, S. 1994. *Tonröhren im antiken Gewölbebau.* Mainz: Verlag Philipp von Zabern.

Truñó, A. 2004. *Construcción de bóvedas tabicadas*. Madrid: Instituto Juan de Herrera (ed. by S. Huerta and E. Redondo).

Wendland, D. 2008. *Lassaulx und der Gewölbebau mit selbstraggenden Mauerschichten: Neumittelalterliche Architektur 1825–1848*. Petersberg: Michael Imhof Verlag.

Wild. 1856. «Über die toscanischen Gewölbe, "Volterrane" genannt». *Zeitschrift für Bauwesen* 6: 182–183.

Wilson, R. J. A. 1992. «Terracotta vaulting tubes (tubi fittili): on their origin and distribution». *Journal of Roman Archaeology* 5: 97–129.

Zaragozá, A., Rafael Soler y Rafel Marín. 2012. *Construyendo bóvedas tabicadas. (Actas del Simposio Internacional sobre Bóvedas Tabicadas, Valencia 26–28 mayo de 2011).*

Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.

Torres de tierra: Los campanarios exentos de las iglesias rurales centro andinas de Perú

Pedro Hurtado-Valdez

Con el advenimiento de los primeros españoles al Imperio de Tawantinsuyu arribó también la Iglesia Católica a través de sus principales Órdenes religiosas, inicialmente con frailes confesores y luego predicadores, los cuales alcanzaron tempranamente la zona central de los Andes peruanos. En esta región, conformada por los actuales departamentos de Pasco y Huánuco, hicieron su aparición dominicos y franciscanos en 1532, mercedarios en 1533, agustinos en 1551 y jesuitas en 1568, con la intención de establecer centros de evangelización para la población autóctona y que motivaron la construcción de parroquias de diversas envergaduras.[1]

Parte del planteamiento arquitectónico de los nuevos templos consistió en levantar campanarios empleando la tierra como material, que concluiría en notables testimonios de un sistema constructivo que hizo frente a las condiciones agrestes del territorio. Estas torres y su tipología constructiva son poco conocidas por encontrarse mayormente en lugares rurales de no fácil accesibilidad, a pesar de las interesantes soluciones que trazaron sus alarifes para edificar en altura sin menoscabo a su eficiencia sismorresistente y de protección contra los agentes atmosféricos.

Las torres andinas se emplazaban generalmente alejadas del cuerpo de la iglesia y de la portada principal. El diseño de torre exenta fue una característica típica en esta región de los Andes y aunque se evidencia también en algunas edificadas en zonas urbanas, por citarse las torres de las iglesias San Cristóbal y La Merced en Huánuco, los más curiosos modelos se concentran en las zonas rurales ejemplificados en las haciendas Quicacán y Panao o en la iglesia San Pedro de Cani. Similares torres se advierten en las iglesias parroquiales de Paucar, Yacán, Chinchán, ubicadas en las regiones limítrofes entre Pasco y Huánuco (figura 1).

Organización compositiva de las torres exentas

Las torres exentas de la región centro andina de Perú cuentan por lo general con una planimetría de proporción cuadrada, organizada en tres cuerpos y chapitel de coronación. Los dos primeros cuerpos al ser prismas macizos son prácticamente ciegos a excepción de pequeños vanos que se abren para iluminar la escalera interior que permite acceder hacia las zonas superiores. La separación de la torre con respecto al templo es variable, desde pocos centímetros hasta varios metros.

El acceso a las torres es de dos tipos, desde el interior de la iglesia a un lado de la capilla situada junto al muro de los pies o exteriormente desde el atrio o una explanada. Luego de ingresar dentro de la construcción y a medida que se asciende, cada cuerpo de la torre disminuye sus dimensiones. El tercer cuerpo, que es de campanas, se abre al exterior mediante arcos. Toda la decoración se suele concentrar en este último nivel y en su cubierta.

Un caso especial constituye la torre de la iglesia de Yacán tanto por su composición formal como por su



Figura 1
Torre de adobe en la capilla de Quicacán (Pedro Hurtado-Valdez)



Figura 2
Torre de Yacán con su disposición de arco triunfal de dos cuerpos (Pedro Hurtado-Valdez)



Figura 3
Torre exenta de San Pedro de Cani ubicada a 20 metros de la nave de la iglesia (Pedro Hurtado-Valdez)

realización estructural, debido a su planta rectangular y disposición en alzado en solo dos cuerpos en forma de arco triunfal, mostrando un gran paso abovedado en la planta baja y remate en el cuerpo de campanas con arquerías de adobe (figura 2).

Las proporciones de estos edificios indican en promedio construcciones más bien chatas, con una relación entre la base de apoyo en planta baja y la altura total de 1:3 como en San Cristóbal de Huánuco o en San Pedro de Cani (figura 3). Se tienen casos de proporciones mucho más conservadoras llegando a la relación 1:2 en Yacán, lo que indica el empleo de un alto coeficiente de seguridad. Datos sorprendentes si se toma en cuenta el empleo por alarifes locales de tratados de arquitectura europeos como textos de

consulta. A tal efecto Alberti (1404–1472) designó como parámetro la altura de una torre en relación a la anchura de la base en 1:6, mientras que Rodrigo Gil de Hontañón (1500–1577) había establecido dicha relación en 1:4 (Huerta 2014). A diferencia del caso andino la proporción 1:4 era la mayormente usada en las torres edificadas en la región costeña, la misma que los constructores peruanos consignaron como la más adecuada y que en la práctica significaba aminorar la esbeltez del conjunto (Hurtado Valdez 2015).

Tipología constructiva de los campanarios andinos durante el siglo XVII

Las torres realizadas en tierra existían por entonces en la península Ibérica, como fruto de una tradición musulmana aplicadas a elementos defensivos. Este tipo de construcción mostraba un cuerpo bajo macizo realizado en tapial, el cual como asimilación del sistema constructivo se empleó después en los campanarios de iglesias en la región de Castilla y León (Fernández, San José y Sánchez 2013). La tipología edilicia se trasladó posteriormente a las colonias españolas en ultramar y terminó fusionándose con las técnicas constructivas prehispánicas, debido a que la mano de obra aprovechada para su construcción solía ser la población local, que por entonces se encontraba familiarizada con el empleo de la tierra como material de construcción en sus diferentes variantes edilicias (Hurtado Valdez 2009).

Es decir los alarifes españoles y criollos encontraron obreros que entendía de los procedimientos constructivos para edificar en altura no solo con el empleo del tapial sino también con fábrica de adobes.

Los cimientos de las torres andinas fueron realizados con una profundidad variable entre 1,00 y 1,40 m, empleándose cantos rodados de 35 cm en promedio unidos con mortero de barro con cal, sobre los cuales se colocaba un mampuesto de lajas sin cantear que hacía de sobrecimiento (figura 4). Detalle a tomar en cuenta es que por debajo de la cimentación y sobre un suelo muy bien compactado se colocaban pequeños guijarros casi esféricos sin ningún tipo de mortero entre ellos.

Por encima del sobrecimiento y a unos 40 cm aproximadamente del nivel del terreno se empezaba la colocación de adobes o tapias, completando de modo macizo los dos primeros cuerpos y dejando el



Figura 4
Características de cimientos y sobrecimientos en la torre de San Cristóbal (Pedro Hurtado-Valdez)

cuerpo de campana vacío al interior. Los adobes normalmente usados tenían una dimensión de una tercia de ancho (27 cm), dos tercias de longitud (55 cm) y una sesma de canto (13 cm).2 El asentado de las unidades de albañilería era con mortero de barro, las cuales se encontraban debidamente trabadas en aparejo inglés hasta rellenar todo el cuerpo de los dos primeros niveles, dejando espacio únicamente para el desarrollo de la escalera de acceso al cuerpo de campanas (figura 5). La escalera era de tierra con los pasos revestidos por lajas de piedra rústica como protección para evitar su desgaste por abrasión. La



Figura 5
Detalle del aparejo de los adobes en los cuerpos macizos (Ángel Alfaro)

cubierta de la escalera la formaban bóvedas rampantes efectuadas también con adobes. Según ensayos de granulometría realizados, la composición de las unidades de adobe mostraba mayormente un barro limo arenoso de baja plasticidad, con un contenido orgánico (paja) de aproximadamente 1% en peso.

En cada cuerpo de la torre se acostumbraba colocar elementos leñosos que ataban los muros y daban paso a una disminución consecutiva del ancho final que tendría la construcción. La cabeza de muro que quedaba, como resultado de la disminución de la planta de la torre, se protegía con lajas con un pequeño vuelo en forma de alero. Exteriormente los muros contaban con un revoco de barro estabilizado con savia de cactáceas, con la finalidad de resguardarlos de las lluvias, que en los meses de octubre a abril alcanzan los 13,6 lt/m2. Aquí aparece una diferencia con sus homólogas españolas porque las torres castellanas se protegían muchas veces de la intemperie con forros pétreos o latericios (Fernández, San José y Sánchez 2013, 138).



Figura 6
Revestimientos con empleo de fibra vegetal en la iglesia San Cristóbal (Pedro Hurtado-Valdez)

Interiormente el revestimiento de las torres tuvo un primer nivel de enfoscado, compuesto por barro sin cernir, arena gruesa y paja larga, incluyendo algunas piedras pequeñas. Se usaba para emparejar los muros de adobe, que nunca quedaban expuestos sino siempre se encontraban cubiertos también por otro revoco más fino. Este segundo estrato era el enlucido, elaborado con barro cernido, arena gruesa y paja corta, y se le acondicionaba fibra vegetal proveniente del chuná (Espostoa lanata), que es un material orgánico extraído de una variedad de planta cactácea que crece en la zona (figura 6).

A diferencia de las iglesias costeñas, realizadas con madera y cañas, en los templos andinos el cuerpo de campanas se continuaba realizando con tierra, sólo que ya no era macizo como en los niveles inferiores sino que los muros eran de 60 cm entre los cuales se construían arcos también de adobes. Se finalizaba todo el edificio con un chapitel piramidal con estructura de madera rolliza y paja o con una cubierta de madera a cuatro aguas y tejas de arcilla.

Consideraciones estructurales en el planteamiento de las torres

Asiento móvil

La zona centro andina peruana es de regular sismicidad, con manifestaciones cíclicas en la historia y consecuencias destructivas en los edificios, que se constituyó como una condicionante decisiva al momento de plantear diseños constructivos y que tanto los alarifes hispanos como criollos tuvieron que tomar en cuenta. Fruto de la continua búsqueda de soluciones los antiguos juzgaron que el comportamiento de una edificación durante un sismo mejoraba si no se oponía resistencia al movimiento (Langenbach 2010; Hurtado Valdez 2015).[3] Por ello se planteó hacer actuar al original encachado de la cimentación, que inicialmente nació como protección de los ascensos capilares de agua del subsuelo, en forma de un elemento intermedio entre el terreno y el edificio aislando éste último, al crear un asiento móvil en la base. Así el encachado se empezó a elaborar con pequeños cantos rodados de formas esféricas sin mortero de unión, con la intención de generar un estrato de billas que sirviera de aislamiento de los cimientos en caso de terremotos. Sobre ella recién se disponían

cantos rodados de mayor formato que correspondían a la cimentación propiamente dicha, los cuales se unían con mortero de cal o barro conformando una platea continua.

En tiempos antiguos la consideración de crear un sub estrato bajo los edificios estuvo presente en otras culturas emplazadas en áreas sísmicas, como una forma de aislar la cimentación de los movimientos a partir de la colocación de arena, arcilla o capas de piedras sin ningún tipo de mortero. El objetivo principal no era anclarse perfectamente al suelo sino que se produjera un cierto deslizamiento de las piezas que conformaban los cimientos, frente a la acción de los componentes verticales y horizontales que producen las ondas sísmicas (P y S principalmente). Se buscaba además que una vez finalizado el evento los elementos de la cimentación pudieran reacomodarse al estar confinadas por el terreno circundante, consiguiendo con esta acción disipar energía (Bayraktar, Keypour y Naderzadeh 2012; Carpani 2014).

Por otro lado el hallazgo de una cama de canto rodado sin mortero en el subsuelo de la iglesia San Francisco de Santiago de Chile hizo suponer a Jorquera y Soto (2016) la presencia de una voluntad por dotar a los edificios de elementos de aislamiento del suelo según la interpretación de una tecnología prehispánica ya existente. Esta fusión constructiva hispano andina podría evidenciarse cuando se aprecian las mismas consideraciones sismorresistentes esbozadas en los cimientos del sitio arqueológico de Caral al norte de Lima (figura 7).[4] El empleo de las billas pétreas en el caso centro andino se ha notado en calicatas efectuadas en la iglesia San Cristóbal de Huánuco, la cual permitió determinar que su torre tenía una cimentación compuesta por piedras de canto rodado convenientemente dispuestas, además que el lecho de acomodo no era natural sino que, como algunas muestras presentaban, existió cierto tallado en su colocación (figura 8).



Figura 7
Detalle de la cimentación en la zona arqueológica de Caral (2,000 a.C.) con inclusión de guijarros de pequeñas dimensiones bajo las piedras de los recios muros de las pirámides (Pedro Hurtado-Valdez)

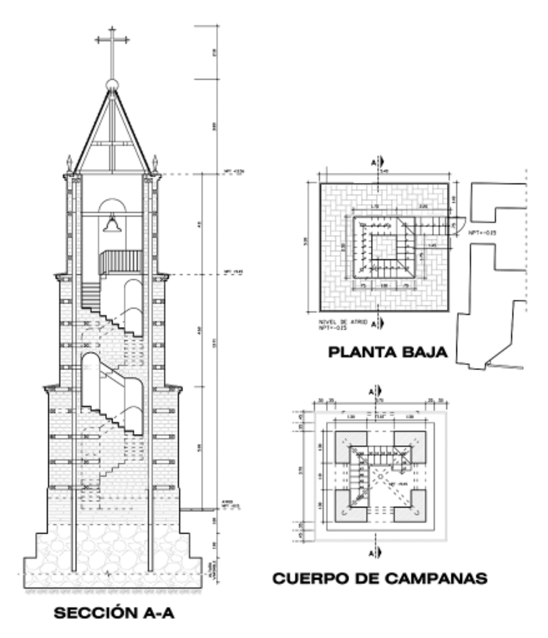


Figura 8
Sección constructiva de una torre típica de los andes centrales de Perú (Pedro Hurtado-Valdez)

Cuerpo macizo y cuerpo ligero

El primer cuerpo de las torres andinas está definido por un prisma recio y macizo, dejando espacio únicamente para el desarrollo de la escalera interior, la cual permite el acceso a las partes altas. Si se considera que la base de la cimentación era un asiento que disipaba parte de la energía sísmica, ayudaba enormemente al planteamiento estructural del conjunto el contar con un zócalo masivo, mientras que el cuerpo de campanas era comparativamente mucho más ligero, haciendo que el centro de gravedad del edificio se

concentre en la zona baja y así se reducía el impacto de las fuerzas horizontales en las partes altas.

El tener un cubo macizo no implicaba problemas de aplastamiento, ya que los campanarios tenían en promedio 17 m de altura y un peso específico del barro empleado de aproximadamente 1.800 Kg/m^3. Un rápido cálculo de los esfuerzos que soporta 1 m^2 de superficie en la base da como resultado que la torre recibe una fuerza de compresión axial de 30.636 Kg/m^2 o 3,06 Kg/cm^2. Dado que el esfuerzo resistente del muro de adobe antiguo es aproximadamente 0,83 de la resistencia necesaria de la unidad de adobe, se tiene que la albañilería debe resistir 2,54 Kg/cm^2 (3,06 $Kg/cm^2 \times 0,83$). Además aplicando el factor de corrección que establece la norma peruana para aplastamiento en adobes (1,25 del valor anterior), se tendría que la torre debe contar con una resistencia al aplastamiento de 3,18 Kg/cm^2. Según los ensayos efectuados en los adobes antiguos provenientes de las torres se observó que la menor resistencia era 4,55 Kg/cm^2 (figura 9), que es un valor significativamente bajo si lo comparamos con adobes hechos en otras regiones de Perú en el mismo periodo, con valores entre 5,99 y 17,03 Kg/cm^2 (Torrealva 2015). No obstante el adobe antiguo aún con sus bajos valores de resistencia a compresión por unidad albañilería (4,55 $Kg/cm^2 \times 0,83 = 3,77$ Kg/cm^2) y aplastamiento (3,77 $Kg/cm^2 \times 1,25 = 4,71$ Kg/cm^2) no tendría inconveniente en admitir las cargas de la torre. Esto se evidencia en que los adobes de estos edificios soportaron su situación de carga por siglos sin colapsar, muy a pesar que las actuales normas peruanas de sismorresistencia E.030 y de construcción en adobe E.080 adoptan grandes restricciones y altos coeficientes de seguridad que no se podrían aplicar íntegramente a estas estructuras.[5]



Figura 9
Ensayos a compresión efectuados en adobes históricos de las torres centro andinas.

Es importante tomar en cuenta que las normas peruanas han sido elaboradas sobre la base de la construcción actual con tierra, efectuada con muros de poca anchura, normalmente de 40 cm, en contraposición con las dimensiones de los muros antiguos que pueden triplicar el espesor moderno, con lo que se otorga una mayor masa para resistencia a compresión y menor esbeltez para los esfuerzos laterales que producen los terremotos. Aun así se debe tener presente que los esfuerzos que aparecen durante los sismos, como el cortante, pueden ser resistidos sin inconvenientes por los elementos leñosos que se adicionaban dentro de la estructura.

Ductilidad del sistema

Si bien en la antigüedad también se esbozaron soluciones para evitar la separación de los muros en las partes altas como perpiaños, grapas y cadenas de hierro (Hurtado Valdez 2015), los alarifes peruanos recomendaron la colocación de un encadenado de madera en los muros para impedir su disociación y evitar el vuelco, como resultado del efecto de borde libre ante una fuerza inercial actuando fuera del plano. Así en la propuesta estructural se consideraba prioritariamente dotar de trabas a los muros de la torre con el fin de evitar su separación y la aparición de fisuras, porque en un medio sísmico las fisuras suelen cambiar la frecuencia natural de la porción de muro que han separado. De este modo dentro de la estructura se tendrían segmentos de muro con frecuencias dispares y durante un sismo vibrarían diferentemente pudiendo llegar a colisionar entre ellos. Este procedimiento fue advertido por Llano y Zapata en un informe enviado al Rey Fernando VI donde explicaba la razón de la colocación de encadenados en los edificios en Perú en los siguientes términos:

> Lo único, que da seguridad es la unión, o trabazón de las partes, que componen el edificio proporcionada a su misma robustez: si un gran fabrica de piedra esta sugeta con barras de hierro, u otra menor de ladrillo o tierra con maderos, ellas serán las mas seguras, porque aquellas trabazones o ligaduras impiden la desunión, que pudiera hacer

el material, y aun demolido este, mantienen todas sus partes después de desunidas (Llano y Zapata, 1755, f.4).

Esta inclusión de elementos leñosos para producir estructuras dúctiles hace recordar a las edificaciones en el Himalaya, donde se laboraba mucho con la técnica de los entramados conformados por madera de escuadría y relleno de piedra rústica o ladrillo (Langenbach 2010). Pero en las zonas rurales de Huánuco y Pasco además de vigas de madera escuadradas se emplearon principalmente rollizos obtenidos de troncos delgados a los que se les extraían las ramas para realizar los encadenados, mientras que en el cuerpo alto se colocaban también tirantes diagonales de madera para sostener las campanas, que en la práctica ayudaban a mantener en su posición muros y arquerías (figura 10), evitando la pérdida de plomo ante movimientos sísmicos o eventuales empujes de los arcos.

Mallas vegetales

Un hecho interesante resulta que en muchas de estas torres se colocara una malla de fibra vegetal en el revoco. Era una protección exterior elaborado con barro cernido, arena gruesa y paja corta, incorporándose chuná, que es un material orgánico extraído de la planta gigantón o cactus. Sin embargo el tener prácticamente una malla exterior e interior producía que el revestimiento tuviera un gran efecto elástico permitiendo controlar la curva esfuerzo deformación horizontal del conjunto y evitando agrietamientos durante los sismos.

Conclusiones

Los coeficientes de seguridad que se han dado a las fábricas antiguas dependen del tipo y uso de la estructura, y tienen por lo general un carácter empírico, mientras que en construcciones modernas el grado de seguridad está definido por el reglamento sísmico aplicable en la localidad donde se ubica la edificación. En el caso de la torres de tierra, éstas han estado ubicadas en zonas de terremotos mucho antes de la aparición de los reglamentos sísmicos y por tanto resulta casi imposible cumplir con las exigencias de seguridad reglamentarias, principalmente porque estos sistemas constructivos no están contemplados en los códigos modernos. Por tanto el hecho de que una construcción antigua no cumplan con los códigos

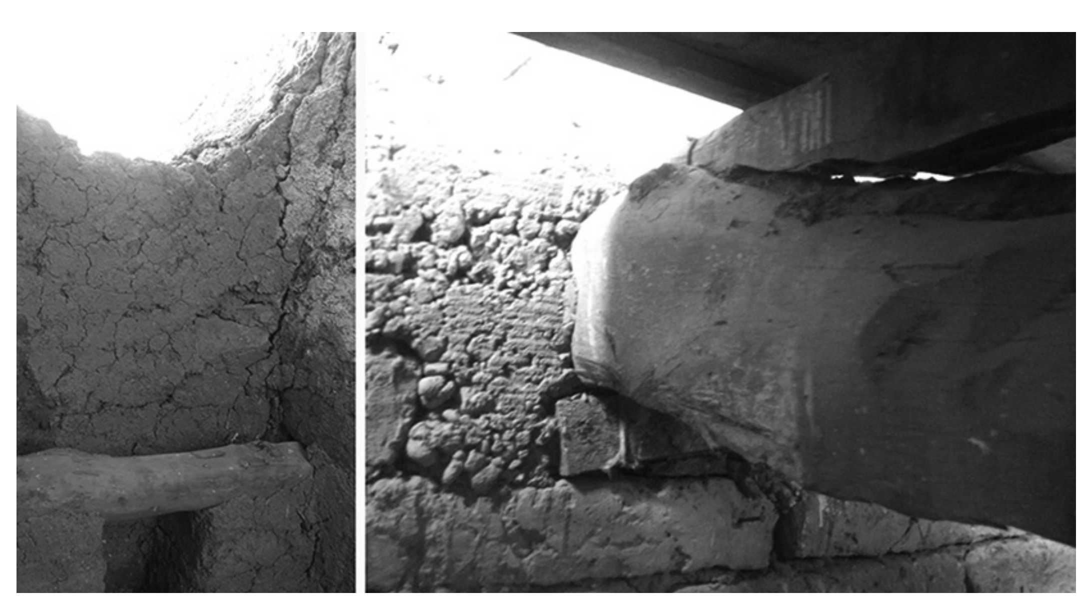


Figura 10
Muros de adobe y elementos leñosos de amarre en Yacán y La Merced respectivamente (Pedro Hurtado-Valdez).

modernos no significa que no tengan un cierto grado de seguridad, fruto de un saber que los alarifes fueron adquiriendo a través de un largo proceso de ensayo-error-mejora.

Consideraciones constructivas como el asiento móvil de la cimentación para disipar energía en caso de sismos, los atados de elementos leñosos para obtener ductilidad, la incorporación de mallas de fibras vegetales al revoco de barro para mejorar su resistencia, dan claro ejemplo de una constante experimentación hasta obtener un mestizaje de técnicas constructivas españolas y andinas. La mejor prueba que estas torres en sus consideraciones de forma y cargas son estables es que han resistido siglos en pie a pesar del poco mantenimiento que han recibido e incluso en algunos casos de su abandono.

Notas

1. El primer templo levantado en Huánuco se llamaba San Cristóbal de los Yanaconas, denominación que indicaba ser capilla de indios (Archivo Arzobispal de Lima. Capítulos. San Cristóbal de Huánuco. 1651. Leg.15, exp. 5, f. 2v). Para 1647 esta iglesia seguía funcionando plenamente administrando el culto a los naturales de estas tierras, según testimonio que dieron Pedro Lorenzo Agustín de Acebedo y Félix de Ayala al Arzobispo de Lima (Archivo Arzobispal de Lima. Visitas. Huánuco. 1647. Leg. 15, exp. 23).
2. Se puede considerar la siguiente equivalencia de medidas:

   Vara castellana= 3 pies castellanos = 4 palmos = 48 dedos = 83.59 cm
   Tercia = tercera parte de una vara = 1 pie castellano = 16 dedos = 27.86 cm
   Cuarta = cuarta parte de una vara = 1 palmo = 12 dedos = 20.90 cm
   Sesma = sexta parte de una vara = ½ pie castellano = 8 dedos = 13.93 cm
3. Sobre este tema estudiosos de la expedición científica española de 1748 opinaron lo siguiente: «…jugando todo el Edificio con los estremecimientos de los Terremotos, y estando ligados sus fundamento, siguen enteramente el movimiento de aquellos; y no haciendo oposición la fortaleza, aunque se sientan en parte, no caen, ni se arruinan tan fácilmente» (Jorge 1748).
4. Jorquera (2016) también observó la colocación de cantos rodados esféricos en la base de la iglesia San Francisco de Santiago de Chile, el cual estaba confinada con cuñas de grandes elementos líticos.
5. A este efecto conviene recordar que la Carta de Zimbawe sobre los «Principios para Análisis, Conservación y Restauración de las Estructuras del Patrimonio Arquitectónico» (2003) de ICOMOS, la cual menciona que a menudo la aplicación de coeficientes de seguridad concebidos para obras nuevas conduce a la adopción de medidas que resultan excesivas e incluso imposibles de llevar a la práctica.

Lista de referencias

Bayraktar, A.; Keypour, H.; Naderzadeh, A. 2012. Application of ancient earthquake resistant method in modern construction technology. En *15th World Conference on Earthquake Engineering 2012 (15WCEE). Lisboa, Portugal, 24-28th September 2012*. Lisboa: Sociedade Portuguesa de Engenharia Sismica (SPES).

Carpani, B. 2014. A survey of ancient geotechnical engineering techniques in subfoundation preparation. En *Proceedings of SAHC 2014. International Conferences on Structural Analysis of Historical Constructions. México City, México, 14-17th October 2014.* Mexico City: F. Peña & M. Chávez eds.

Fernández Martín, Juan José; San José Alonso, Jesús I; Sánchez Rivera, José Ignacio. 2013. Torres de tierra en Castilla y León. Evolución desde la torre maciza al recubrimiento cerámico. En *Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013 - Valladolid, pp.135–146*. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva, Universidad de Valladolid.

Huerta, Santiago. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Hurtado Valdez, Pedro. 2009. La restauración de edificios construidos con tierra en zonas sísmicas: la experiencia peruana. En *Bia,* nº259*, pp.99–114*. Madrid: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos de Madrid.

Hurtado Valdez, Pedro. 2015. Criterios de sismo-resistencia y cálculo tradicional de estructuras en la arquitectura limeña del siglo XVII. En *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción. Segovia, 13–17 de octubre 2015, vol.* nº2*, pp.841–851*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Jorge, Juan; Ulloa, Antonio de. 1748. *Relacion historica del viage a la America Meridional hecho de orden de S. Mag para medir algunos grados de meridiano terrestre y venir por ellos en conocimiento de la verdadera figura y magnitud de la tierra, con otras observaciones astronomicas y phisicas*. Madrid: Antonio Marin.

Jorquera, Natalia; Soto, Catalina. 2016. El subsuelo de la iglesia San Francisco: ¿Una cimentación sismorresistente sobre un estrato prehispánico? En *Arq,* nº93, *agosto, pp.106–117*. Santiago.

Langenbach, Randolph. 2010. «Earthquake resistant traditional construction» is not an oxymoron*: The resilience of timber and masonry structures in the Himalayan Region and beyond, and its relevance to heritage preservation in Bhutan. En *Proceedings of the International Conference on Disaster Management and Cultural Heritage «Living in Harmony with the Four Elements», pp.1–25*. Timbu: The Royal Government of Bhutan.

Llano y Zapata, José Eusebio. 1755. *Respuesta dada al rey nuestro señor D. Fernando el Sexto, sobre una pregunta, que S.M. hizo á un mathematico, y experimentado en las tierras de Lima, sobre el terremoto, acaecido en el dia primero de noviembre de 1755.* Sevilla: Imprenta Real de la Viuda de D. Diego Lopez de Haro.

Torrealva, Daniel. 2015. *Elaboración de proyectos estructurales en edificaciones del patrimonio arquitectónico*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

Las bóvedas tabicadas de Guastavino para el edificio municipal de Nueva York, soluciones de planta irregular y flecha limitada

Benjamin Ibarra-Sevilla

Rafael Guastavino, cuyo trabajo es bien conocido por la cantidad y variedad de bóvedas tabicadas que construyó en Estados Unidos, se enfrentó al reto de desarrollar y construir bóvedas de planta irregular para el Edificio Municipal de la Ciudad de Nueva York construido entre 1909 y 1914 y diseñado por William M. Kendall y la empresa de McKim Mead & White (Greenberg. 2013). Estás bóvedas, además de ser de planta irregular, tienen una flecha limitada por el nivel de imposta, al parecer definido por los arquitectos, y la estructura que soporta entrepiso. Estas condiciones lo que obligaron a Guastavino a usar arcos carpaneles o elípticos. La combinación de planta irregular con arcos carpaneles condujo a una serie de soluciones geométricas que concluyeron en una materialización compleja y a la vista, exuberante.

Esta comunicación dará a conocer los retos geométricos y constructivos enfrentados por la Compañía Guastavino para este edificio en Nueva York. El objetivo es situar estas bóvedas dentro de un panorama más amplio de la historia de la construcción vinculándolas con los tratados españoles que se refieren a bóvedas de planta irregular. El texto analiza la geometría de las bóvedas construidas través de una documentación de la estructura utilizando un método fotogramétrico con el fin de crear modelos digitales en entorno del software NURBS donde la superficie de las bóvedas pudo ser modelada y entendida para desarrollar una explicación que permita comprender los matices, detalles y criterios de diseño implementados por Guastavino Co.

Los dibujos originales se obtuvieron de la biblioteca Avery y se compararon con resultados digitales. Este proceso se desarrolló en intrigantes preguntas sobre el uso de la elipse y su uso práctico en el contexto de estas bóvedas.

Finalmente, el trabajo muestra cómo las bóvedas estudiadas en este proyecto proporcionaron un excelente ambiente para revelar las conexiones entre la forma y la estructura en el aula de clases. Este ejercicio didáctico se enfocó en la construcción de una bóveda réplica en menor escala. A través de esta experiencia práctica, los estudiantes fueron capaces de obtener una visión de la tecnología de construcción del pasado y sus conexiones con la construcción de estrategias para el futuro.

El edificio municipal de Nueva York

En su tiempo uno de los más altos del mundo y ahora uno de los edificios más emblemáticos del sur de Manhattan, el edificio municipal diseñado por William M. Kendall y la firma McKim Mead & White fue tema de numerosas publicaciones en el New York Times. Una nota en este periódico del 29 de Octubre de 1908 destaca que se invertirían $8,000.000.00 de dólares es este edificio mismo que mediría casi 590 pies (170 metros) y seria de 39 pisos de altura. En otra nota que hace el New York Times anunciando a los ganadores del concurso el 3 de mayo de1908, el texto hace referencia a que el jurado consideró que



Figura 1
Imagen del sistema de bóvedas en el ala sur del edificio Municipal en Nueva York.

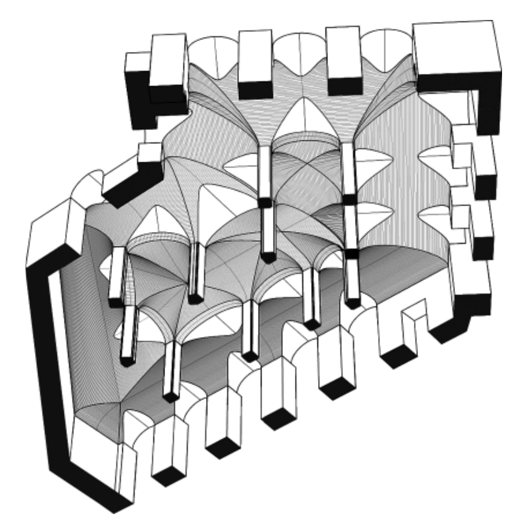


Figura 2
Vista axonométrica del sistema de bóvedas en el ala sur del edificio Municipal en Nueva York.

«mientras los dibujos de McKim Mead & White se dice no muestran, en cierto grado, la belleza que otros dibujos enviados con respecto al exterior del edificio, la distribución de los pisos se dice que es tan admirable que la propuesta ganó el primer lugar en el concurso».

El edificio está ubicado en Park Row y Center Street y fue construido justo por encima de las líneas del tren subterráneo. Además, el rascacielos deja paso a la calle Chambers que cruza justo al centro al nivel de la planta baja. Estas condiciones crearon un desafío de ingeniería considerable. En una nota escrita por la oficina de arquitectura McKim Mead & White al editor del New York Times el 24 de diciembre de 1909 respondiendo a un artículo en el periódico cuestionando el criterio de diseño de la cimentación, la nota afirma que «los planes y especificaciones para la cimentación del edificio fueron preparados en esta oficina en consulta con ingenieros del más alto nivel y adoptadas después de un estudio completo e investigación de las condiciones [del terreno]». El lote donde se construyó el edificio tiene una forma irregular y en combinación con el tren subterráneo crearon la necesidad de colocar los soportes en tal forma que las columnas generan espacios de geometría irregulares en planta.

La empresa de los Guastavino, quien fue contratada para construir sus bien conocidas bóvedas tabicadas como un recurso resistente a incendios, se vio obligada a adaptarse las vicisitudes del terreno y la estructura. Según la información proporcionada por el Profesor John Ochsendorf obtenida de los archivos de la Compañía Guastavino, la compañía fabricó 188,738 piezas de cerámica para esta este trabajo entre octubre de 1912 y agosto de 1917. Vale la pena mencionar aquí que contrario a otras estructuras construidas por Guastavino, las bóvedas de este edificio no son construidas como elemento estructural sino que son concebidas como un plafón que por un lado sirve como protección al fuego y por otro, decora el espacio. El resultado fue bóvedas de planta irregular, formando uno de los sistemas de bóvedas más complejos de Norte America.

La tradición de la construcción y trazo de bóvedas de planta irregular

Las bóvedas de mampostería son a menudo percibidas como sistemas rígidos que apenas pueden manejar variaciones en su geometría. La disposición más común en los sistemas de techos abovedados se basa en polígonos regulares en planta que por lo general forman una configuración simétrica. Estos espacios simétricos o regulares, además de ser estructuralmente eficientes, crean recintos que en muchos casos se identificaron como símbolo de perfección y orden. Maestros constructores de la antigüedad preferían evitar formas asimétricas simplemente por razones prácticas. Los procesos de fabricación de configuraciones asimétricas supusieron una geometría más compleja y también requerían una supervisión más precisa y procedimientos más cuidadosos para la fabricación de cimbras, dovelas y su montaje. Por otro lado, las disposiciones asimétricas podrían producir fuerzas asimétricas que podrían ser engañosas y poner en peligro la estabilidad de la estructura. En resumen, las bóvedas de planta irregular son mucho menos comunes en edificios de mampostería; sin embargo se pueden contar varios edificios históricos que usaron bóvedas de planta irregular como consecuencia de circunstancias diferentes a las comunes.

La tecnología de la construcción de bóvedas de mampostería evolucionó constantemente y fue en el renacimiento cuando los maestros constructores y arquitectos ganaron la capacidad de visualizar formas que se llegaran a materializar con los métodos de construcción disponibles. Como explican Enrique Rabasa y José Calvo, hay una diferenciación entre la forma en que los maestros góticos y renacentistas concebían edificios. En el período gótico, los constructores daban prioridad a la técnica sobre la forma. La geometría resultante de las bóvedas medievales fue, por lo general, una consecuencia directa del proceso de construcción. Como ejemplo, podemos observar los estudios de John Fitchen que sugirieron métodos utilizados por el constructor gótico para controlar la geometría de trazo de las bóvedas. Fitchen ha propuesto que los arcos diagonales buscarían geometría semicircular mientras que los arcos formeros y perpiaños son apuntados mediante la traslación de arcos. El resultado es una bóveda cuya geometría de trazo es clara, pero su geometría general es difícil de identificar debido a que los lienzos entre nervaduras se adaptan a las nervaduras mismas formando superficies irregulares.

Por el contrario, según Rabasa y Calvo, los arquitectos del renacimiento fueron capaces de poner la técnica al servicio de la forma. El conocimiento de las técnicas del corte de piedra era lo suficientemente avanzado para permitir a los constructores maestros la libertad de construir casi cualquier geometría concebible. Como ha señalado Choisy, en este punto de la historia de la construcción es cuando comienza la fantasía geométrica de la estereotomía moderna (. Incluso cuando tales formas conceptuales eran etéreas, la arquitectura fue capaz de solidificarlas en una armadura geométrica que creó una dimensión física. En cuanto a la manipulación magistral de la geometría, Robin Evans ha propuesto conexiones entre la comprensión conceptual de la esfera y su materialización en la arquitectura del renacimiento (Evans 1995). Evans pone de manifiesto vínculos entre la geometría y la arquitectura y sugiere que la iglesia de Sant›Eligio degli Orefici de Rafael Sanzio es un ejemplo de cómo la arquitectura renacentista italiana revela el papel de la esfera en el diseño arquitectónico. Evans propone que las esferas, de hecho, fueron construidas para transmitir significado simbólico en la arquitectura del renacimiento.

La palabra impresa también se hizo más accesible durante el período del renacimiento. Muchos libros sobre arquitectura comenzaron a circular entre la comunidad de arquitectos y con eso, los maestros constructores escribieron manuscritos con el objetivo de compartir lo que durante mucho tiempo fueron secretos del oficio. Los manuscritos abordaron varios temas relacionados con la construcción de mampostería y el corte de piedras. Rara vez tocaban las preocupaciones estructurales y no muchas abordaban las complejidades de las bóvedas de planta irregular. Tal vez, la razón detrás de la omisión en este tema de construcción se debe a la rareza de este tipo de bóveda en las tareas de construcción comunes.

El tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira (1571-1591) es uno de los documentos a los que más se hace referencia en estudios contemporáneos de construcción de bóvedas y la estereotomía de la piedra en general. Una de las características del tratado de Vandelvira es que proporciona múltiples soluciones para un solo problema de construcción (Palacios 1990). Alonso de Vandelvira se tomó el tiempo para incluir bóvedas de planta irregular en

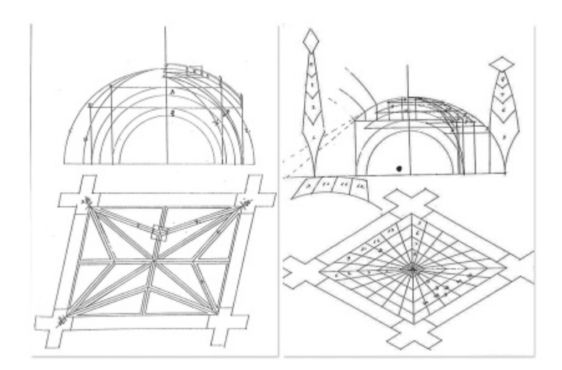


Figura 3
Dibujos de bóvedas de planta irregular en el tratado de Alonso de Vandelvira (Barbé-Coquelin.1977)

su manuscrito. Rosa Senent ha explicado los dibujos de bóvedas de planta irregular incluidos en el manuscrito, centrándose en aquellos que muestran un rombo igual y un rombo desigual. Los dibujos de Vandelvira se pueden encontrar en los dos últimos capítulos de la copia conservada en la Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de Madrid (Folio 121–125). Senent señala cómo en la última parte del tratado, se pueden encontrar tres soluciones diferentes para cada título o problema (Senent et al. 2011). Según este texto la forma en que Vandelvira aborda este problema de la construcción es primero proponiendo una bóveda de crucería. El enfoque del escrito de Senent revela la evolución de las estrategias de construcción en piedra demostrando la sutil separación entre las técnicas de construcción del renacimiento y el gótico.

Más allá de la dicotomía entre los métodos de diseño gótico y renacentista, el punto de partida de Vandelvira para resolver estas hipotéticas bóvedas irregulares revela la necesidad del maestro constructor de controlar la geometría de trazo antes de cualquier intento de construcción. Cuando Vandelvira se acerca a la solución de las bóvedas de planta irregular proponiendo una bóveda de crucería no comienza pensando en las capacidades estructurales de las nervaduras sino en la geometría de trazo. Vandelvira aborda el problema desde esta perspectiva porque necesita las nervaduras de la bóveda para definir y controlar la superficie. Al leer a Vandelvira entendemos que considera este tema importante pues revela las complicaciones geométricas intrínsecas a este tipo de bóvedas. Vale la pena mencionar que Vandelvira busca llegar a una solución óptima creando bóvedas vaídas de planta irregular. Así pues, primero dibuja la planta del cuadrilátero que define la bóveda en planta y asume que el cuadrilátero es cíclico, es decir, el círculo (proyección de la esfera en planta) que circunscribe el cuadrilátero pasa a través de las claves del polígono. Si esta condición se cumple, los arcos formeros resultarían de radios diferentes y alturas diferentes, algo no muy común en estructuras abovedas. Si el cuadrilátero no es cíclico, como el rombo (y muchas otras configuraciones) y la superficie es también esférica, entonces los salmeres de los arcos formeros se colocarían a diferentes alturas, lo que tampoco es muy visto. Esta es la razón por la cual Vandelvira necesita recurrir a los arcos carpaneles para resolver el problema. Este tipo de arcos le permitieron controlar la flecha de los arcos y la posición de las impostas sin importar su luz. Esto al final resulta en una geometría irregular de la superficie de la bóveda al intradós.

La estrategia gótica inicialmente propuesta por Vandelvira (con nervaduras) obliga a pensar en una bóveda de arista como solución al problema de las bóvedas irregulares. Como sugiere John Fitchen, la nervadura en la construcción gótica emerge para cubrir la intersección de dos bóvedas de cañón que se cruzan, por lo tanto, muchas bóvedas nervadas son en esencia bóvedas de arista (Fitchen 1997). La mayoría de los maestros adoptó bóvedas de arista para construir la cubierta de habitaciones con plantas irregulares. Los tratados también reflejan esta forma de abordar este desafío de construcción (Senent et al 2012). La bóveda de arista permitía la manipulación individual de las superficies de los lienzos de plementería, el control de la geometría dependía de los arcos formeros y de la arista.

Más de tres siglos después de la disertación de Vandelvira sobre bóvedas de planta irregular, el edificio municipal de Nueva York presentó un desafío de naturaleza similar a la Compañía Guastavino. Vamos a ver su enfoque y si la distancia en el tiempo hizo alguna diferencia.

Los dibujos de Guastavino Co.

Hay tres dibujos de la Compañía Guastavino designados a este edificio cuya última fecha de revisión

está marcada el 8 de abril de 1911. Los dibujos se encuentran en los archivos de la biblioteca de Avery. Un dibujo está dedicado a una bóveda en el trigésimo noveno piso de cañón circular (superficie toroidal) de 4'–5" (1.35mts) de luz. El segundo muestra bóvedas diseñadas para el ala norte de la planta baja, y por último, el tercer dibujo representa bóvedas para planta baja del ala sur del edificio. Esta última área está abierta al público ya que es la entrada a la estación de metro de *Brooklyn Bridge*.

Este trabajo se centra en las bóvedas de la parte sur del edificio (área de entrada al tren subterráneo). Para comprender los criterios de construcción utilizados para estas bóvedas se debe examinar el plano original elaborado por la Compañía Guastavino. Primero notamos que esta parte del edificio está contenida dentro de un polígono de seis lados desiguales. El dibujo muestra en planta la posición de los dos muros y la arcada perimetral. Al interior de esta envolvente están los intercolumnios irregulares formando un «claustro» con corredores que rodean un grupo de once columnas. El corredor entre la arcada y las columnas varía en cada lado, las dimensiones de la luz de las bóvedas es de 21' (6.3m) a 27' (8m) aproximadamente.

Observando el dibujo podemos observar que la estrategia para resolver este sistema de bóvedas se basó en bóvedas de cañón, lunetos y bóvedas de arista. Los lunetos se indican con líneas curvas mientras que las líneas rectas marcan las aristas al intradós de las bóvedas, también líneas rectas marcan la línea de la clave de las bóvedas junto con otras anotaciones a las que me referiré más adelante.

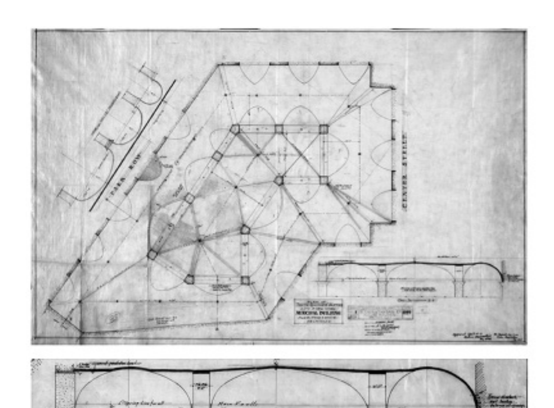


Figura 4
Monteas por Guastavino Co. del sistema de bóvedas en el ala sur del edificio municipal en NY. En la parte inferior un detalle de la sección. (Guastavino Archives, Avery Library)

El dibujo original incluye también un par de secciones que son relativamente esquemáticas pues solo se enfocan en mostrar los criterios de los arcos y bóvedas con líneas de distinto grosor. Estas secciones muestran con claridad la restricción a la que se enfrentaron los Guastavino pues el espacio entre la imposta de los arcos y la estructura del primer piso tiene una distancia de 9'–10» (2.95m). Esta limitación obligó a Guastavino a construir bóvedas poco peraltadas con flechas de arco que se mantienen constantes mientras que la luz varía. Esto quiere decir que encontraremos arcos de geometría distinta siendo el arco de medio punto el arco de menor luz y el arco carpanel será la solución para todos los demás. En resumen, estos dibujos proporcionan información básica para interpretar el diseño de Guastavino, pero hay matices que se explicarán en el texto a seguir. Guastavino determina la geometría de trazo del sistema de bóveda dentro de las columnas definiendo la «línea de clave». Sus notas sobre el dibujo también especifican dividir el tramo más corto entre las dos filas de columnas en «partes iguales».

Veamos la primera sección, pues esta nos muestra los lineamientos generales para la construcción geométrica y material de estas bóvedas. Esta sección se distingue porque no está marcada en la planta y está etiquetada como *sección longitudinal a través de la clave*. Con el fin de hacer una referencia clara a la planta, la sección fue dibujada de cabeza y en ángulo. La sección corta la bóveda del pasillo largo, como se especifica, justo sobre la línea que marca la clave y paralela al lado más largo de la arcada. En esta sección podemos observar tres arcos, en este caso las curvas dibujadas son los arcos soportados por las columnas interiores y los lunetos que se forman en la superficie de la bóveda. Podemos notar que cada arco cubre una luz distinta sin embargo todos tienen la misma flecha dando lugar a arcos carpaneles. La línea recta gruesa en la parte superior distingue la sección de la bóveda a la altura de la clave.

La segunda sección marca las particularidades para el trazo y construcción. Esta sección está determinada por la línea A-A›, la cual se mueve y gira transversalmente a través de la planta. El dibujo muestra tres con-

diciones diferentes que ejemplifican las diferentes soluciones que tienen lugar dentro de este sistema de bóvedas, de izquierda a derecha encontramos: la bóveda de cañón con lunetos, la bóveda de arista, y una bóveda de cañón con un luneto en un lado y soportada en el muro por el otro. Esta sección muestra tres arcos en alzado llamados «curvas» y una línea sólida más gruesa en la parte superior que representa la sección a través de la clave de las bóvedas. Observando cuidadosamente, vemos que los arcos son asimétricos, es decir, que están compuestos de dos segmentos de curva diferentes. En los arcos de los extremos la asimetría de los arcos es el resultado de la asimetría de las bóvedas pero el de del centro es el resultado del «giro» en la sección que corta a través de la bóveda pentagonal soportada por las columnas.

¿Arco Carpanel o Elipse?

Siguiendo la tradición de construcción de bóvedas, debemos mirar primero el plan y en segundo lugar en la sección (Ibarra-Sevilla, 2011). Como es común, gran parte de la información para la construcción de una bóveda (o bóvedas) se pueden encontrar en las monteas que muestran la planta y la sección. Las condiciones, limitaciones y soluciones a las que se enfrentó Guastavino y su equipo de trabajo están embebidas en los dibujos que se elaboraron para este proyecto. Sin embargo, la cuestión de los arcos elípticos llama la atención pues, como se sabe, las elipses son poco usadas por los maestros constructores cuando se requiere hacer un arco poco peraltado.

Observando atentamente el dibujo de la sección A-A›, encontramos una nota que dice: «Todas las curvas con un radio mayor que semicírculo son elipses verdaderas». Curiosamente, analizando los dibujos se pudo constatar que los arcos no estaban construidos con elipses sino con óvalos. De esta observación surge una pregunta: ¿Cuando Guastavino habla de *elipses verdaderas* se refiere a elipses o a arcos carpaneles? ¿Se trata de un problema de traducción? Como ha señalado Santiago Huerta, existe una tendencia a mezclar ambas curvas y demostrar que incluso cuando los maestros construían elipses en sus manuscritos, nunca identificaban la curva como una elipse (Huerta 2001). Huerta también ha señalado que en algunos casos es imposible distinguir estas dos curvas si se superponen entre sí. La razón por la cual el arco carpanel era mucho más común en la práctica de la construcción de bóvedas y arcos es porque el óvalo se puede dibujar con segmentos de círculos. Con este proceso los maestros constructores fueron capaces de dibujar cerchas, plantillas y baiveles, que son herramientas cruciales para construir estas estructuras. Del mismo modo, las juntas son mucho más sencillas de controlar con arcos carpaneles pues todas ellas van hacia el centro de los arcos que forman el ovalo. Con las elipses las juntas tendrían que ser perpendiculares a la tangente de la curva y encontrar esas líneas es mucho más laborioso.

Se puede argumentar que las bóvedas de Guastavino no están hechas de piedra y el tamaño del la pieza de cerámica permite crear casi cualquier tipo de superficie. También se puede argumentar que sus bóvedas fueron construidas durante el siglo XX, cuando el conocimiento de la estereotomía moderna y la geometría descriptiva estaba muy avanzadas y por lo tanto habría más control sobre la elipse. Sin embargo, las bóvedas de Guastavino requerían cerchas y guías para controlar la geometría, por lo tanto la cuestión de cómo se diseñaron esa cerchas hace pertinente cuestionar el uso de las elipses vs el arco carpanel. Similar a lo que sucede con los arcos de piedra, el arco carpanel proporcionaría un método más fácil para controlar la geometría y el cimbrado. Puesto que la información proporcionada por la documentación física de este edificio es insuficiente para resolver esta pregunta, asumiré que Guastavino era consciente de esta diferencia e incluso cuando sus dibujos dicen elipses verdaderas, vamos a asumir que los arcos de las bóvedas son carpaneles.

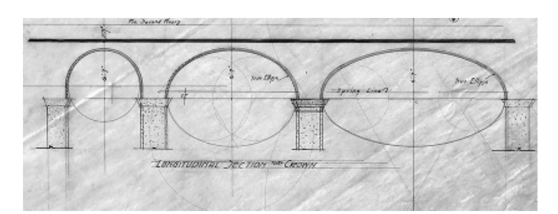


Figura 5
Estudio comparativo del arco y la elipse de la cesta sobre el dibujo original de Guastavino

Geometría de trazo

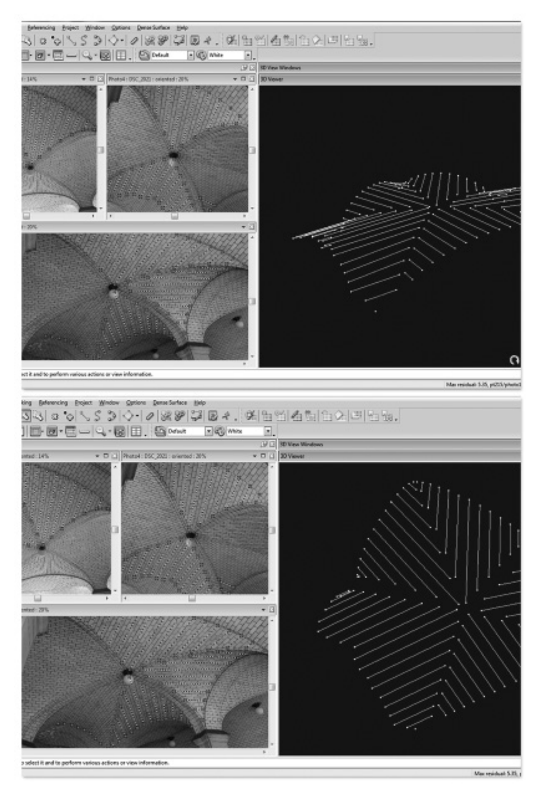


Figura 6
Imágenes de la documentación fotogramétrica de las bóvedas

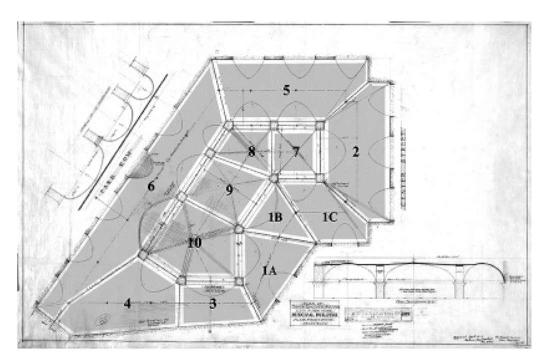


Figura 7
Subdivisión de los espacios para definir bóvedas (sobre el dibujo original de Guastavino)

Guastavino subdividió las bahías entre columnas e identificó las bóvedas están dentro de un cuadrilátero y las que no lo están. La figura 7 muestra los diez espacios diferentes confinados dentro del edificio, se puede entender que una bóveda cubre cada uno de estos espacios.

Cada uno de los corredores (espacios 1 a 6) está cubierto con bóvedas de cañón con lunetos. Debido a la forma irregular de la planta, estas bóvedas de cañón son diferentes. Mientras que encontramos bóvedas elípticas regulares (1B, 1C, 5, y 2) los otros transforman su geometría que mantiene la clave dentro de los segmentos horizontales de la línea que forman conoides de directriz elíptica (1A, 3 & 4).

Observando el segmento 1 (figura 8), el cual está formado por tres bóvedas diferentes. Las arcadas creadas donde las bóvedas se entrecruzan controlan la geometría de cada bóveda, es decir, juegan el papel de directrices que controlan las superficie. Así pues, la primera bóveda 1A tiene una forma trapezoidal en planta creando una bóveda de cañón cónica. Para definir el eje del cono Guastavino conecta la clave de ambas aristas con una línea horizontal. Un detalle de la superficie cónica es que sus generatrices convergen en un solo punto disminuyendo la distancia entre cada uno a medida que se acercan a la punta. Sin embargo, al hacer esta superficie con mampostería, el ancho de las piezas de cerámica no disminuye, creando un reto en la construcción pues mientras en un lado las piezas son horizontales en el otro llegan a la importa diagonalmente creando un detalle desagradable. Guastavino ajusta algunos de los aspectos geométricos del cono para controlar la calidad de la construcción separando la geometría trazo de la superficie de la bóveda de esta forma las líneas dibujadas por las juntas entre las piezas no siguen las generatrices del cono. En ambas secciones Guastavino empieza poniendo azulejos horizontalmente en los muros y, como excelente fabricante de bóvedas, evita este detalle utilizando los lunetos que surgen de los arcos sobre las columnas para crear una arista que *absorbe* la dirección diagonal de las líneas de las hiladas, por lo que es imposible notar el problema constructivo.

La bóveda 1B descansa sobre un plano triangular. Dos de las aristas controlan la geometría trazo formando un cilindro elíptico cortado por dos planos verticales que convergen. El tercer lado del triángulo es sostenido por el arco formero y un luneta sobre las columnas. El plano de la bóveda 1C es un paralelo-

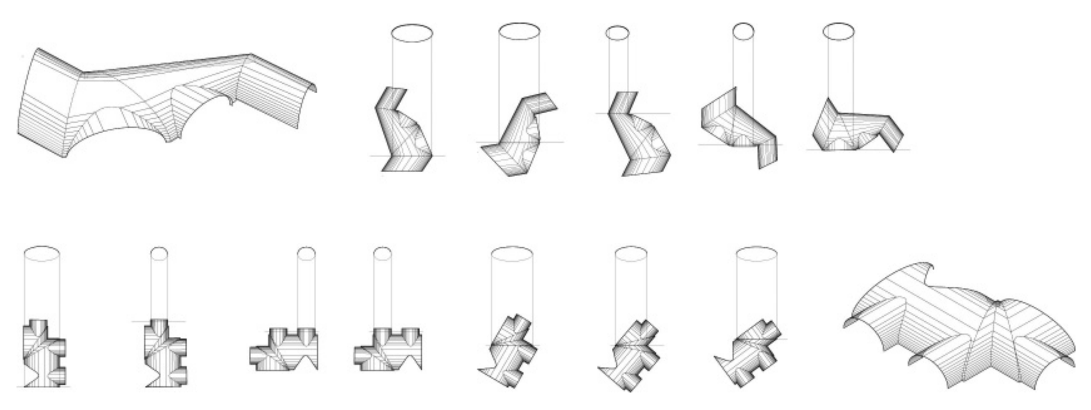


Figura 8
Estudios digitales del segmento 1 (arriba) y 2 (abajo)

gramo cuyos lados cortos desempeñan el papel de los pilares mientras que las alas de los lados largos definen la directriz elíptica del barril. El diseño de estas bóvedas cónicas revela las estrategias que Guastavino utilizará consecuentemente en los segmentos 3 y 4 y, que por cuestiones de espacio, no se discuten con detalle en este texto.

El segmento 2 (figura 8) está definido por un planta trapezoidal. La bóveda se concibe como una bóveda de cañón insertada en su lado largo por tres lunetos semicirculares apoyados en la arcada perimetral y un luneto elíptico más grande en su lado corto apoyado en columnas. Un aspecto interesante de esta parte del sistema de bóveda es cómo la bóveda se pliega en ambos extremos. El plegado de esta bóveda se genera por la arista de los pilares. Aquí, Guastavino se vio obligado a crear una arista de tres plegados, con la arista central actuando como un arco elíptico que se extiende desde la esquina del pilar a la columna. Las otras dos arista son el resultado de cortar las bóvedas diagonalmente. La superficie entre los arcos de las aristas es una superficie que por consecuencia se adapta a la geometría aristas.

La solución de los lunetos en esencia es similar, lo que varía es la geometría que se adapta a la luz de los arcos obligando a dibujar semicírculos y arcos carpaneles de longitud distinta. Es necesario enfatizar que para lograr los lunetos, la clave de las bóvedas de cañón tiene que ser más alta. Por otro lado, como se muestra en la sección longitudinal a través de la clave, la línea de imposta de los lunetos semicirculares tuvo que ser levantada con el fin de alinearse con la clave de las lunetos elípticos. Esta condición se cumple para la parte a la que se refiere el dibujo e igualmente para todos los lunetos diseñados para este sistema de bóvedas.

El área dentro de las columnas está conformada por intercolumnios de disposición irregular que forman cuatro polígonos, tres cuadriláteros y un pentágono irregular (segmentos 7 a 10 en figura 7). Cada polígono está cubierto por una bóveda de arista con luces que varían de 5.2m a 6.70m (perpendicular al eje de las columnas). De las bóvedas en los cuadriláteros, una es regular (segmento 7) y dos son irregulares (segmentos 8 y 9).

Para el rectángulo regular (segmento 7) Guastavino simplemente dibuja líneas diagonales que conectan las columnas y forma una bóveda de arista con arcos carpaneles. La hipótesis para definir la posición de la clave de la bóveda marcada con el segmento 8 es que Guastavino dibuja una línea perpendicular a través del punto medio de uno de los arcos formeros y encuentra la intersección con la línea de la clave. Una vez definido este punto todas los arcos de las aristas convergen hacia él. El argumento que refuerza esta hipótesis es que Guastavino pudo haber usado cualquier punto dentro del cuadrilátero pero utiliza esa línea perpendicular al arco formero para garantizar que las juntas de las dovelas coincidan con las directrices del mismo arco formero. Para la bóveda marcada en el segmento 9 (figura 7), Guastavino encuentra la luz más larga en diagonal y dibuja una línea recta marcando el punto medio. Esta línea recta diagonal cruza la línea de la clave que define el punto más alto del arco diagonal.

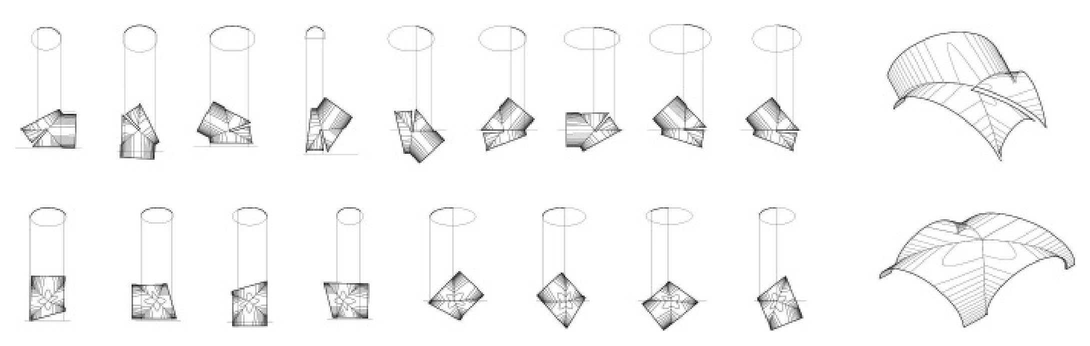


Figura 9
Estudios digitales del segmento 8 (arriba) y 9 (abajo)

Las otras dos líneas que convergen para formar aristas de bóvedas cuatripartitas de lados desiguales simplemente alcanzan la clave.

La bóveda pentagonal es de especial interés porque aparentemente no existe una regla rigurosa para definir su clave (segmento 10 en figura 7). Se sabe que no hay ningún método gráfico que nos permita encontrar el centro de un polígono irregular. Si se dibujan las líneas que conectan las columnas encontramos que la clave de cada arco no converge en un punto. Al parecer, Guastavino utilizó el mismo procedimiento que utilizó para las bóvedas cuatripartitas para resolver este problema. Mirando los dibujos cuidadosamente vemos que simplemente eligió una diagonal dentro de esta bóveda pentagonal (figura 10). Escogió *la más conveniente* para colocar la clave de esta bóveda en un centro aparente del polígono. Esta línea le permitió encontrar la clave de la bóveda, que se encuentra donde la diagonal cruza la línea de la clave. Este punto de intersección se convierte en el punto donde convergen todas las aristas desde las cinco columnas que forman esta bóveda.

En resumen, la geometría de trazo para estas bóvedas sigue la secuencia conocida donde la sección se deriva de los dibujos en planta. Limitaciones de espacio en esta publicación impone mostrar todos los detalles de la geometría trazo de estas bóvedas pero en resumen podemos afirmar que el proceso de diseño comenzó definiendo los arcos diagonales y las claves, el siguiente paso es dibujar arcos carpaneles algunos simétricos y algunos asimétricos. En la bóveda cuadripartita regular, los dos arcos de intersección son idénticos mientras que en el irregular los arcos varían. Estas bóvedas irregulares entonces requieren el dibujo de un arco diagonal elegido para cruzar la línea de la clave. Este será el único arco completo. Los otros arcos convergentes serán sólo un

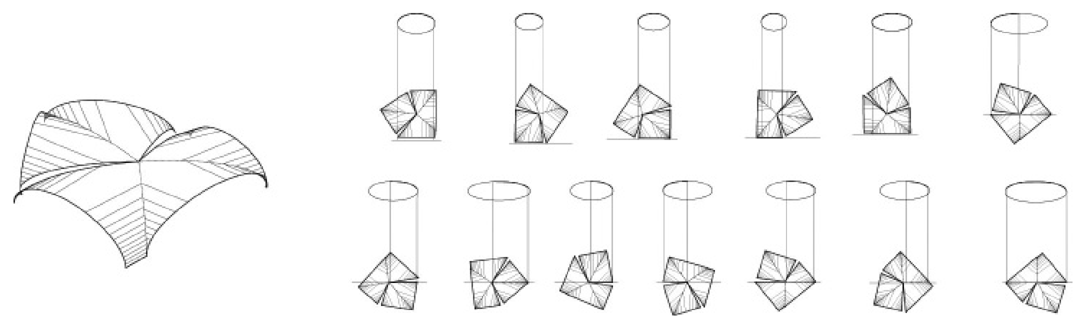


Figura 10
Estudios digitales del segmento 10

cuarto de una elipse. Cuando todos los arcos de la arista se dibujan individualmente, se puede construir el cimbrado y se resuelve la geometría de trazo. El proceso de construcción de la colocación de la cerámica simplemente sigue la forma en que se construyeron las bóvedas góticas: las nervaduras o aristas controlan la geometría mientras que la plementería se adapta para formar una superficie curvilínea uniforme (Rabasa et al 2009).

La estrategia gótica para el control de la geometría

Guastavino usó la misma estrategia que Vandelvira, como maestro constructor del siglo XVI, recurrente a arcos individuales que controlan la geometría general, es decir, Guastavino utiliza la estrategia gótica para controlar la geometría de las bóvedas de planta irregular. Resuelve la arista con piezas de cerámica dobles que se pueden «doblar en dos», aprovechando la lógica en la construcción de bóveda tabicadas, esta solución constructiva en la intersección entre las superficies es una arista plegable permite aristas convexas o cóncavas. Esto le permite tener un encuentro de superficies muy limpio articulando elegantemente los lienzos de las bóvedas.

Los polígonos irregulares de múltiples lados obligaron a Guastavino a encontrar una alternativa diferente a las bóvedas de cañón con lunetos que diseñó para el perímetro. Una de las lecciones aprendidas con el tiempo es que las bóvedas de crucería ofrecen un método muy simple y directo para cubrir espacios de planta irregular. Como se conoce para este tipo de estructuras, la arista define la geometría general mientras que los lienzos serán una suerte de superficie flexible que se adapta a las diferencias de elevación y dilatación de cada uno de los arcos. Incluso dentro de las bóvedas de una planta regular, el lienzo se trata siempre como si esta membrana maleable se adaptara a casi cualquier forma. Este método dibujando cada uno de los arcos individualmente fue muy eficiente en bóvedas de planta regular y planta irregular. Los arcos se pueden ajustar a la flecha máxima permitida por la construcción y la luz de los arcos. Esta forma gótica de construcción estuvo viva durante siglos y Guastavino dio continuidad aplicándola a sus propias bóvedas.

Construcción de replica por estudiantes

Por último, como parte de este proyecto de investigación, un grupo de doce estudiantes realizó el proceso de comprensión de la geometría de trazo y la construcción de una réplica de una de las bóvedas de planta irregular. En este seminario de quince semanas los estudiantes adquirieron los conocimientos básicos para poder entender las superficies abovedadas. El objetivo fundamental del curso fue que los estudiantes aprendieran sobre la relación que existe entre la geometría, la estructura y las configuraciones espaciales que las superficies abovedadas pueden crear.

En primer lugar los estudiantes aprendieron conceptos tales como bóvedas de mampostería, bóvedas irregulares y geometría trazo a través de una serie de proyectos de investigación y ejercicios en clase. Una vez comprendidos los criterios básicos



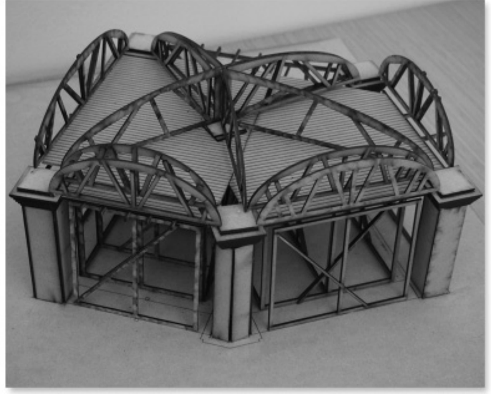


Figura 11
Construcción de bóveda por estudiantes

se dividió el grupo en equipos y se le pidió a los estudiantes que analizaran cada uno de los segmentos de la bóveda de acuerdo con la teoría de la subdivisión de espacios dentro de la planta del edificio. Una vez comprendida la geometría de trazo y las implicaciones de las bóvedas construidas por Guastavino Co, los estudiantes que propusieran un método de cimbrado que garantizara el control de la geometría durante la construcción. Estas propuestas tomaron como punto de partida que la elaboración de cerchas es una práctica común en la construcción de bóvedas. Así, pues, diseñaron las cerchas para cada segmento y se discutió como es que esto sería necesario para construir estas estructuras originalmente.

En la etapa final del curso los estudiantes optaron por reproducir la bóveda del espacio 9, ya que cumpliría con el propósito del ejercicio presentando un reto razonable para estudiantes que nunca antes habían puesto dos ladrillos juntos. La construcción de la bóveda comenzó construyendo columnas de block de cemento sobre una cimentación sólida de concreto. Después los estudiantes crearon las cerchas con madera de pino cortando los arcos que controlarían la geometría deseada. El último paso fue colocar las piezas de cerámica con yeso siguiendo el procedimiento común que se utiliza para construir bóvedas tableadas. Una vez terminada la primera capa, se colocaron la segunda capa de cerámica con mortero comercial.







Figura 12
Construcción de bóveda por estudiantes

La retroalimentación de los estudiantes sobre esta experiencia fue bastante positiva. Apreciaron las lecciones sobre las estructuras, la geometría y el espacio, y encontraron que la historia detrás de este tipo de estructuras es fascinante.

Lista de referencias

Barbé-Coquelin, Geneviève.1977. *El tratado de Arquitectura de Alonso de Vandelvira. Vol 1 y 2.* Editorial Castalia

Evans, Robin. 1995. *The Projective Cast.* MIT Press

Fitchen, John. 1997. *The Construction of Gothic Cathedrals.* University of Chicago Press.

Greenberg, Allan. 2013. *The Architecture of McKim, Mead, and White.* Lanham : Architectural Book Publishing.

Huerta, Santiago. 2001. *Oval Domes, History, Geometry and Mechanics* Nexus Network Journal in Architecture and Mathematics, Springler: 211–248

Ibarra-Sevilla, Benjamin. 2011. *La Cantería Renacentista de la Mixteca. Análisis Estereotómico de Tres Bóvedas Nervadas en Oaxaca, México*. Actas del Septimo Congreso Historia de la Construccion, Instituto Juan de Herrera: 674–685

Palacios, Jose Carlos. 1990. *Trazas y Cortes de Canteria en el Renacimiento Español.* Ministerio de Cultura, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales.

Rabasa, Enrique, et al. 2009. *Gothic And Renaissance Design Strategies In Stonecutting. Creating Shapes in Civil and Naval Architecture: A Cross-Disciplinary Comparison.* Eds. H. Nowacki and W. Lefèvre. Brill. Brill E-Books: 214–239

Senent, Rosa, et al. 2011. *Las Bovedas irregulars del Tratado de Vandelvira.* Actas del Septimo Congreso Nacional de la Historia de la Construcción, Instituto Juan de Herrera: (1329–1339)

Senent, Rosa, et al. 2012. *The Irregular Vault of the Sacristy of the Cathedral of Saint-Jean Baptiste in Pergpignan.* Proceedings IV International Congress History of Construction, The Construction History Society.

Forjados rebajados de bóveda tabicada en la Valencia de los siglos XIV al XVI

Federico Iborra Bernad

En diversos edificios residenciales del área de Valencia se constata la presencia de forjados de salas resueltos mediante bóvedas tabicadas muy rebajadas y de gran luz. Estas bóvedas generalmente se habían considerado más tardías, hasta que en alguna intervención reciente se ha comprobado la existencia de un relleno con vasijas de finales del siglo XIV o principios del XV. Igualmente, las ruinas del castillo de Petrés, construido en esta época, confirman por la ausencia de mechinales para madera que ésta fue la solución original. La relectura de la documentación ya publicada permitiría además incluso llegar a proponer un autor y una cronología precisa a este invento.

Las bóvedas rebajadas dentro del contexto de las construcciones tabicadas

Hace ya algo más de una década, la profesora Mercedes Gómez-Ferrer (2003) estableció el origen documentado de la construcción de bóvedas tabicadas en la década de 1380. Lo pudo hacer gracias a la primera referencia explícita conocida a esta técnica, incluida en las capitulaciones firmadas el 20 de febrero de 1382 por Joan Franch para la ejecución de la capilla de los Jofre en el convento de predicadores de Valencia. Esta capilla debía tener dos crujías, con sus cruceros y formeros, y «les dos voltes de la capella de dos raioles dobles de pla», es decir, resueltas mediante dos capas de ladrillo colocado de plano o tabicado (Gómez-Ferrer 2003, 139).

Como ha propuesto más recientemente Arturo Zaragozá (2012, 17–21) la técnica de las bóvedas tabicadas puede rastrearse en construcciones anteriores. Una de ellas podría ser la sala capitular del convento de Santo Domingo de Játiva, para la que la reina Leonor de Castilla (1329–1336) contribuyó con 2000 sueldos. En este convento se resolvieron con bóvedas tabicadas las pandas sur y oeste del claustro (1354–1360) y en la misma población las capillas laterales de la iglesia de San Francisco (1366–1377). De Játiva habría pasado a Valencia, quizá con las obras del claustro del convento dominico de Santo Domingo, cuya panda sur se estaba construyendo en torno a 1368. Este mismo año comenzaba la renovación de la parroquia de San Juan del Mercado, que se cubrió con una bóveda tabicada de 15,70 metros de luz. A partir de ese momento parece haber una extraordinaria difusión de la construcción tabicada: remodelación de la catedral de Segorbe (a partir de 1370), reconstrucción de la parroquia de San Martín de Valencia (1372–1401), Colegiata de Santa María de Gandía (1386), Cartuja de Valdecristo (1386, capilla de San Martín concluida en 1400), etc. Igualmente sabemos que en 1405 el maestro Francesc Thona se comprometía a concluir las tres pandas faltantes del claustro del convento del Carmen de Valencia.

Todos estos espacios se cubrieron mediante bóvedas de crucería, donde la plementería tabicada sustituía a la tradicional ejecución en piedra o en ladrillo a rosca. Sin embargo, por las mismas fechas se dará un paso más al empezar a levantar bóvedas rebajadas sin

nervios, en sustitución de los forjados de madera. Para introducirnos en este tema remitimos nuevamente al texto de Mercedes Gómez-Ferrer y al segundo documento que cita, publicado originalmente por Antoni Rubió y Lluch (2000, vol. 2, 257). Se trata de una carta del rey Pedro el Ceremonioso al merino de Zaragoza, fechada el 20 de junio de 1382, en la que se insta a que envíe al maestro de obras de la Aljafería, el sarraceno Faraig, y a otro maestro para que vean y reconozcan una obra de yeso y ladrillo que se realiza en el Real valenciano, y que es de mucho éxito, muy fuerte y de poco gasto, y así la reconozcan y puedan aprender a hacerla y que la copien en Zaragoza.

> Merino: fem vos saber que nos havem començat de fer obrar lo Real de Valencia e havem trobada una obra de guix e de rejola fort profitosa, port espeegada e de pocha messio, per que us manam que façats venir Farayg e un dels millors maestres que y sien per tal que vegen aquesta obra com se fa e que semblant la puscats fer aqui, e si vos voliets e podiets venir ab ells per regonexer la dita obra e veure la a ull, fariets nos en gran plaer e servey. (Gómez-Ferrer 2003, 140)

La autora señala así mismo que el 17 de mayo de 1382 se había incorporado a las obras del palacio real el cantero Joan Franch, tras haber concluido «otros» trabajos. Era el mismo maestro mencionado en el documento de Santo Domingo, por lo que se ha supuesto su responsabilidad en la repetición de las soluciones adoptadas anteriormente en el convento (Gómez-Ferrer 2003, 141). En el Real existieron importantes dependencias resueltas con bóvedas de crucería: la capilla alta de Santa Catalina, la gran sala conectada a la escalera y otra estancia en el Palacio de la Reina. No obstante, la primera existía desde mucho antes del asedio de 1363 y debió sobrevivir al incendio y las otras se ejecutaron con posterioridad a la misiva del monarca.

En 1382 las obras de reconstrucción del palacio apenas se habían iniciado y las únicas bóvedas que se estaban ejecutando eran las de planta baja. Así, en la documentación coetánea se habla de compras de «III bigues groses a obs de les cindries de les voltes de les cases baxes», o de «bastiments dels archs de les voltes de les cases baxes del palau de la senyora reyna», es decir, vigas para las cimbras de las bóvedas y andamios para los arcos de las bóvedas en las «casas» o habitaciones del piso inferior (Gómez-Ferrer 2012, 45, nota 63). Igualmente están documentadas las compras de ladrillo y de «gerres e canters trencats», jarras y cántaros cerámicos rotos, para el relleno de bóvedas (*Ibídem*, 47). Todo ello podría hacernos pensar en bóvedas de crucería, pero no necesariamente es así.

Aunque el palacio del Real fue derribado en 1810, conocemos perfectamente su distribución gracias a los planos levantados por el ingeniero Manuel Cavallero en 1802. Es a ellos (Boira 2006) a los que remitimos ahora para intentar localizar las bóvedas tabicadas que se estaban ejecutando en 1382. El denominado Palacio de la Reina estaba constituido por las dependencias alrededor del patio menor, situado al oeste, en cuya sección longitudinal vemos la bóveda rebajada que servía de apoyo al nivel del entresuelo y un pequeño arco fajón, elemento poco habitual en estas bóvedas (figura 1). También es patente, en la sección transversal del edificio, la presencia de una bóveda rebajada similar bajo el salón del trono y la torre desmochada que flanqueaba la puerta principal del palacio. Éstas eran las estructuras que cubrían las «casas bajas» del palacio en 1382.

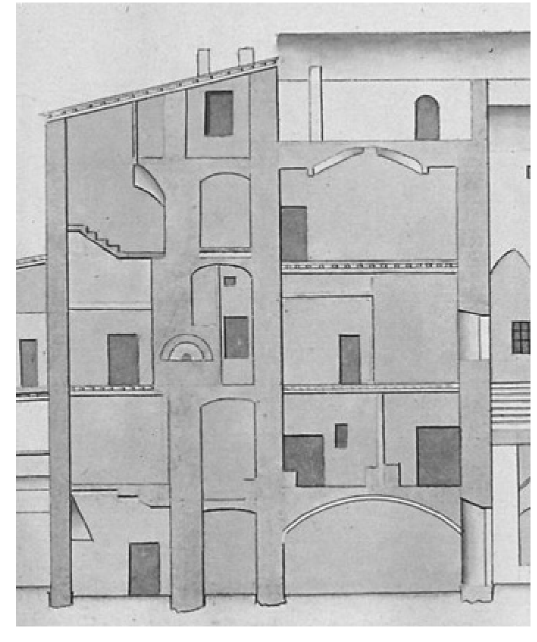


Figura 1
Detalle de las bóvedas en el Palacio de la Reina, en el Real de Valencia (Boira, 2006).

En los documento de 1382 se habla de cimbras, que podrían haber sido empleadas para la ejecución de los arcos fajones colocados como refuerzo en estas primeras bóvedas, completamente pioneras y destinadas a cubrir 7 metros de luz. La misma solución la encontramos todavía en pie en el castillo de Ribarroja que, como el Real, contaba con crucerías en el piso superior. Estos fajones –o un apeo intermedio– son necesarios porque las primeras bóvedas rebajadas se resolvían siempre por hiladas paralelas a los muros laterales, probablemente imitando la construcción en piedra, los tabiques de compartimentación o, sobre todo, las plementerías de las bóvedas tabicadas de crucería. Probaría esto el hecho de que los solapes entre las hiladas se resuelven generalmente a ¼, aunque sin mantener una regularidad estricta. Por otro lado, en una de las bóvedas de Geldo de planta trapezoidal, se observa perfectamente que se han cortado lateralmente los ladrillos de una hilada para conformar una cuña (figura 2), como suele hacerse para encajar la plementería de las bóvedas de crucería.

Esto es interesante, porque la tratadística contemporánea prefiere disposiciones alternativas y cuando se recurre a hiladas paralelas, más por estética que por otra cosa, se avanza por arcos paralelos –a pesar de la lentitud con los ajustes del enjarje– (Moya 1947, 19–20) o se intentará aparejar en diagonal (Truñó 2004, 30–34). La solución primitiva valenciana es la más intuitiva e inmediata, como demuestra indirectamente José Luis González Moreno-Navarro con un caso real comentado en su introducción al libro de Truñó (2004, liii). Además, funcionará muy bien en las pequeñas bovedillas de ladrillo para entrevigado, que se pueden considerar herederas de estas grandes bóvedas medievales.



Figura 2
Solución de la plementería en una bóveda de planta irregular, en la casa señorial de Geldo.

Otro detalle interesante sobre su ejecución lo podemos deducir de la propia geometría. En los planos de Manuel Cavallero, las bóvedas del palacio de la reina se resuelven con una flecha de aproximadamente 1/5 de la luz, mientras que las del salón del trono lo hacen con una altura entre 1/8 y 1/9 de la luz. Esta diferencia enlazaría con la costumbre de trazar los arcos rebajados partiendo de un centro ubicado en el suelo, y de hecho, se puede comprobar que la estancia bajo las primeras es mucho más baja que la situada bajo las segundas, asumiendo que el forjado intermedio es claramente un añadido posterior. La misma relación la hemos podido constatar en los otros ejemplos que comentamos, apuntando a un replanteo espacial de cada hilada mediante lienzas o reglas, aunque no debe descartarse el auxilio de una cercha móvil usada como guía.

La ejecución de las bóvedas rebajadas tabicadas era rápida y barata, pero no debía ser tan sencilla. Volviendo al texto de la profesora Gómez-Ferrer nos interesa señalar una tercera noticia interesante a propósito de la construcción en 1407 de la bóveda de la capilla del rey Martín en la catedral de Barcelona, que por orden del monarca debería estar realizada en ladrillo y no en piedra, como había propuesto el maestro local (Gómez-Ferrer 2003, 141). Bassegoda (1995) ha sugerido que la bóveda referida realmente era una bóveda rebajada destinada a proteger de la intemperie una techumbre andalusí adquirida por el rey a Guillem Bellvís en Játiva. Fue derribada en el siglo XIX por considerarse sin interés, aunque se conservan las rozas en los muros que nos permiten saber que se trataba de una bóveda rebajada. No era la primera que se construía así en Barcelona, ya que en una carta de mayo de 1407 el rey Martín menciona otra bóveda en el jardín del *Palau Major* de Barcelona que se encontraba muy deformada y muy dañada (Zaragozá 2012, 24). Esta patología parece más propia de una bóveda rebajada que de una de crucería que, por su gran curvatura, suele ser poco propensa a deformarse. Acaso esta noticia pueda relacionarse con la sospechosa desaparición, precisamente en 1407, del polifacético maestro albañil valenciano Joan del Poyo y con la gratificación de 100 florines

ofrecida en 1408 por la Corona para que él y su esposa se trasladen a Barcelona a fin de proporcionar al monarca un mejor servicio (Iborra y Miquel 2007, 403–404).

El castillo de Petrés

Tras la pérdida del Real, el testimonio material más antiguo del empleo de bóvedas tabicadas para ejecución de forjados podría ser el que nos ofrece el arruinado castillo de Petrés, en las proximidades de Sagunto. El edificio se encontraba en relativo buen estado de conservación a principios del siglo XX aunque, tras el abandono y el expolio sufrido durante décadas, en la actualidad sólo conserva los cerramientos de la planta baja y una gran terraza con sótanos abovedados, de época posterior. En el remate de los muros se observan las rozas y algunos arranques de las bóvedas tabicadas que soportaban el piso de la planta noble y, lo más importante, no se perciben roturas en la tapia para la ejecución de las rozas ni hay mechinales o apoyos para un hipotético forjado de madera, de lo que se deduce que las bóvedas constituyeron la solución original del edificio. La técnica empleada para la ejecución los muros permite fecharlos antes de la generalización del uso de la tapia valenciana, que se produjo en el siglo XV.

A mediados del siglo XIV el castillo no debía existir, pues los primeros Aguiló, señores de Petrés, vivían en la cercana población de Sagunto. Su casa fue saqueada e incendiada por las tropas castellanas cuando el rey Pedro capturó esta población. El monarca invasor les prometió compensar los daños si le prestaban obediencia, pero ellos rehusaron, manteniendo la fidelidad a su señor natural, razón por la que Juan I de Aragón les concedió en 1389 el tercio del diezmo de los frutos del término de Petrés, el derecho de monedaje o morabatín que pagaban los habitantes de la población, y una buena casa en Sagunto. Posteriormente Francesc de Aguiló sirvió en el consejo del rey Martín como mayordomo de la casa real y procurador general de su esposa, la reina María. Falleció en 1401, dejando el señorío de Petrés a su hijo Luis, quien también fue camarero del rey Martín y privado suyo, gobernador de la Plana castellonense, y en 1410 obtuvo toda la jurisdicción del lugar de Petrés. Sirvió al rey Alfonso de Aragón y a Juan de Navarra, bajo las órdenes del cual murió en Valladolid en 1440. (Viciana 2013, 211).

Por sus características constructivas, el actual castillo perfectamente podría haberse levantado a finales del XIV o principios del XV, cronología que avalada por la técnica empleada para los muros y sobre todo por la primitiva solución de la escalera mediante dos arcos rampantes con un apoyo intermedio. La desaparición completa del piso alto y los restos de arranques de paredes de ladrillo sugieren que éste pudo levantarse en época posterior y con otra técnica. Tal vez esto podría establecer una fecha *ante quem*, considerando que esta supuesta interrupción de las obras pudiera relacionarse con el traslado de los Aguiló a la corte del rey Martín.

De las bóvedas propiamente dichas no se conserva más que unos pocos restos de ladrillo en parte de los arranques. En algunos muros las rozas, en forma de cuña, se ven tan bien definidas que parecen haberse dejado preparadas desde la propia ejecución de los muros (figura 3). Es quizá significativo que solamente en una de las paredes del castillo existen algunos mechinales para vigas de madera, y que una de las rozas corta antiestéticamente las dovelas del gran arco del zaguán, dos detalles que podrían sugerir que la cubrición abovedada se planteó durante la ejecución de las obras, de forma casi experimental o al menos muy temprana.

También la manera en que se resolvió el problema fue muy singular. Sobre la base horizontal de las rozas, de gran tamaño, se colocó una fila de rasillas a



Figura 3
Roza en uno de los muros del castillo de Petrés.

soga para servir de nivelación, volando ligeramente hacia el interior de la habitación. Encima de ésta se asentaría la primera hilada de la bóveda, con los ladrillos dispuestos en perpendicular a los muros y apoyados en el fondo de la roza, generando un espacio triangular entre ellos y la nivelación de base relleno con mortero. Este particular modo de asiento podría haber servido también para apoyar algún tipo de cimbra o apeo auxiliar en el espacio triangular colmatado de mortero, pero no se repite en ninguna de las bóvedas posteriores que vamos a comentar (figura 4). Todo lo anterior, que funciona como una ménsula, es la base para completar el resto de la bóveda con hiladas paralelas a su generatriz y solapadas entre ellas a ½. Con esta misma disposición se dobló todo gracias a una segunda hoja colmatándose bien las rozas de los arranques. El relleno superior se ha perdido completamente, aunque podemos suponer que se aligeraría con cerámica, como en los casos que veremos a continuación.

Esta es la solución constructiva más compleja de las que hemos podido analizar y probablemente la más primitiva. Además, en el edificio los vanos de paso secundarios se resolvieron con ayuda de arcos escarzanos tabicados de dos hojas, que sirvieron como encofrado perdido para la tapia. Se advierte bien en los capialzados, puesto que las portadas de medio punto son de piedra, aunque parecen reutilizadas y están incompletas en su parte posterior. En todo caso, es indiscutible que todo es coetáneo a la fábrica original.

La casa señorial de Geldo

Si las bóvedas de Petrés han desaparecido casi en su totalidad, las de Geldo se conservan perfectamente y pueden ser datadas con bastante precisión. El análisis de la cerámica hallada durante su restauración (figura 5) señala claramente dos fases constructivas para ellas: una a principios del XV y otra a mediados de siglo (Flors 2013, 177–187). La primera podríamos relacionarla con la adquisición del señorío por parte de Bernat Sorell en 1416 a la familia Vallterra y formaban parte de un primer edificio configurado por tres crujías abovedadas paralelas, un patio y un cuerpo lateral con entresuelos y forjados de madera. La irregularidad de los muros hace pensar en el aprovechamiento de preexistencias, que debieron agruparse en este momento conformando una amplia residencia señorial para el nuevo propietario. De esta época debe parece ser una interesante ventana de yeso, encontrada en la última intervención.

La ampliación de mediados de siglo podría relacionarse con la muerte de Bernat Sorell en 1453 y el reparto equitativo del patrimonio familiar entre sus hijos Jaume y Tomas. Jaume falleció al año siguiente y se hizo inventario de sus bienes, por lo que hemos podido saber que los hermanos dividieron la casa paterna de Valencia y que tenían guardada madera y material de obra destinado a la casa de Geldo. Este dato y el hecho de que la segunda fase del edificio doble en superficie a la primera con una configura-



Figura 4
Detalle de los restos de una de las bóvedas del castillo de Petrés.



Figura 5
Detalle de las vasijas halladas en el relleno de las bóvedas de la casa señorial de Geldo. Fotografía de A. Zaragozá.

ción equivalente (aunque una crujía gira 90º para aprovechar el patio) hace pensar que se duplicó la vivienda original para que los dos hermanos convivieran con cierta autonomía. No obstante, la existencia de dos puertas condenadas y la solución del extradós mediante tabiquillos, que veremos después en Luchente, podría retrasar la cronología de estas bóvedas hasta la cesión del señorío en 1470 ó la muerte de Tomas Sorell en 1485.

En esta segunda fase podemos observar además algunas bóvedas reconstruidas posteriormente, reforzadas mediante pequeños arcos fajones que, por sus dimensiones, parecen resueltos a rosca con un espesor de medio pie (figura 6). Su función podría ser la de rigidización.



Figura 6
Bóveda con refuerzo de arcos fajones de medio pie en la casa señorial de Geldo

El palacio de Bechí

De la década de 1470 podrían ser las bóvedas rebajadas del palacio de Bechí (Castellón), donde recientes intervenciones han sacado a la luz un relleno de vasijas muy similar al de Geldo. El actual edificio es heredero de un castillo documentado en el siglo XIV, que se derribó completamente para sustituirse por una nueva estructura levantada con muros de argamasa de cal y cantos de río, encofrados en tapiales de madera. En una segunda fase se levantó la planta alta, etapa que se ha venido a fechar en torno a 1472–1477, cuando el palacio se cita como tal por primera vez en la documentación. Sanç Rois de Liori, vizconde de Gallano, entregó su principal señorío de Ribarroja a su hijo Joan Rois de Liori en junio de 1472, y en 1477 se tiene ya constancia documental de que el vizconde habitaba en Bechí. El inventario de sus bienes realizado tras su muerte en 1498 nos presenta ya un edificio complejo y de tamaño similar al actual (Mesado y Nebot 2010).

Actualmente se conservan bóvedas en varias zonas, levantadas con técnicas diferentes y en distintas épocas. Las que más nos interesan son las situadas bajo el entresuelo de la zona norte, donde se han localizado vasijas que permiten su datación (figura 7). Aunque la bóveda es continua, por debajo de ella se disponen de manera equidistante una serie de arcos que, por su gran espesor, más que fajones parecen restos de una estructura diafragmática anterior destinada a soportar un forjado de madera. Estos arcos son coetáneos a los muros de la primera fase y no guardan la misma curvatura que la bóveda, aparentemente posterior.

La bóveda propiamente dicha carece de arranques diferenciados, como los vistos en Petrés. Simplemente parte de una pequeña roza en los muros, sobre la que apoyan los ladrillos dispuestos en paralelo a la generatriz de la misma. Los solapes son importantes y se producen a mitad de los ladrillos. El relleno se resuelve con el apoyo de vasijas y material cerámico variado, fechable en la segunda mitad del siglo XV.

Una solución similar existe en el castillo de Ribarroja y sirve de apoyo al piso de la gran sala levantada en el siglo XV. En este caso es una bóveda de seis

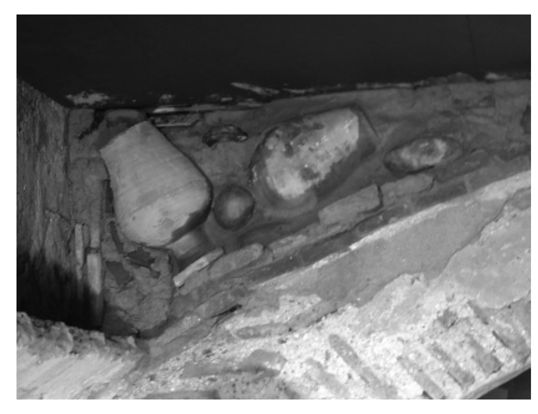


Figura 7
Detalle de la bóveda seccionada en el palacio de Bechí.

metros y medio de luz, reforzada por dos arcos rebajados resueltos a rosca, que soporta una sala originalmente cubierta por una bóveda de crucería como ocurría en el palacio del Real. En la reciente restauración se descubrió un relleno de vasijas, como nos ha confirmado el arquitecto Ángel Martínez Baldó (figura 8). Debemos tener en cuenta que el castillo de Ribarroja fue la residencia principal del vizconde de Gallano hasta que en 1472 cedió el señorío a su primogénito y se trasladó a Bechí por lo que, a falta de un estudio más preciso sobre la cerámica, podría sospecharse que fuera anterior a Bechí y hubiera servido de modelo para la actuación en la nueva residencia de los Rois de Liori.



Figura 8
Relleno de vasijas en la bóveda del castillo de Ribarroja. Fotografía facilitada por A. Martínez Baldó.

Volviendo a Bechí, los vanos primitivos de planta baja se resuelven con ladrillo a rosca, pero los del piso superior presentan arcos escarzanos tabicados en dos hojas, solución vista ya en los capialzados de Petrés y que confirmaría la ejecución coetánea de esta segunda planta y las bóvedas que nos ocupan. Por otro lado, en los muros del entresuelo se conservan rozas de dos bóvedas tabicadas a dos niveles distintos, probablemente fruto de un arrepentimiento: el inferior coincide con unos canes del siglo XV existentes en el patio y el superior con la cota del primer piso actual. Ninguna de las dos rozas acusa la intención de disponer fajones, que tampoco existen en la bóveda del zaguán del palacio, lo que confirma que los arcos bajo el entresuelo serían preexistentes.

El palacio de Luchente

El llamado *Palau Vell de Llutxent* se empezó a construir como edificio fortificado a finales del siglo XIII o principios del XIV, arrasando completamente algunas estructuras anteriores. Poco después la fortaleza pierde su carácter defensivo y comienza a transformarse en residencia señorial, habilitándose y decorándose entonces distintos espacios conforme a la estética de la época. Estas reformas se debieron concluir antes de 1335, cuando María de Vidaure, viuda de Francesc de Próxita y de Lauria, fija su residencia en el palacio. Posteriormente, en 1485 la propiedad pasaría de los Próxita a los Maza de Lizana, remodelándose el interior con nuevas estancias e incorporando elementos ornamentales más acordes con los gustos de la época, como portadas de yeso molduradas y alfarjes policromados con diseño de puntas de flecha (Climent 2008, 109–112).

La bóveda que nos interesa comentar es precisamente la que sustenta la nueva sala principal, habilitada a finales del siglo XV en el ala oeste del edificio. Ésta abarca toda la longitud del edificio y para lograrlo se cortó el extremo la primitiva sala del palacio, que ocupaba la crujía norte. Fue entonces cuando se sustituyó el forjado de madera por un elemento más rígido y resistente. Como en los casos anteriores, se trata de una bóveda rebajada de ladrillo tabicado, con aparejo paralelo a la generatriz de la misma excepto en la hilada del arranque, donde se dispone perpendicularmente, conformando una especie de ménsula. Se trata de la misma operación vista en Petrés, aunque aquí desaparece la primera hilada horizontal que servía de nivelación sobre la roza. En la zona central el aparejo parece volver a cambiar de dirección, quizá para facilitar una ejecución mediante arcos paralelos (figura 9). El extradós se resolvía con tabiquillos y tablero de ladrillo, que en el momento de la restauración se encontraban en bastante mal estado, como nos ha confirmado el arquitecto José Manuel Climent (figura 10). Entre estos últimos y el pavimento había un relleno bastante grande, de unos 10 centímetros de espesor, que quizá sirviera para absorber cargas puntuales y evitar la rotura frágil de los ladrillos del tablero.

Dado lo elaborada de la solución y la presencia documentada de Pere Compte trabajando en el cercano convento del Corpus Christi de la misma localidad en 1480 y 1492 (Zaragozá y Gómez-Ferrer 2007,



Figura 9
Intradós de la bóveda del castillo de Luchente.



Figura 10
Detalle de los tabiquillos sobre la bóveda. Fotografía de J. M. Climent.

59, 120–121), podríamos sospechar que tanto este elemento como la galería de bóvedas abocinadas adosada a esta misma ala podrían deberse a su compañero, el maestro albañil Francesc Martí, alias Biulaygua (+1486) o a un discípulo suyo. La existencia de bóvedas aristadas de ladrillo en otras partes del edificio, fechables en la misma época, y los restos de impostas en yeso bajo la galería, con paralelos en la escalera del Palacio de la Generalidad de Valencia (1511), refuerzan esta idea.

Si la bóveda de Luchente se puede datar a finales del siglo XV supondría para nosotros una información importantísima relativa a la evolución de estas soluciones, porque el empleo de tabiquillos para el relleno de los senos de una bóveda lo tenemos perfectamente documentado en la sala sobre la antigua capilla de la Lonja de Valencia, proyectada y ejecutada entre 1484 y 1486, que conserva sobre ella el pavimento original colocado en 1494 (Aldana 1988, 182–187). Desconocemos en qué momento preciso se produjo el cambio de las vasijas a los tabiquillos y su repercusión geográfica pero, dada la presencia de Pere Compte tanto en la Lonja como en el Corpus Christi de Luchente, no debería extrañarnos encontrarla en el *Palau Vell*.

El castillo de Bolbaite

Concluiremos nuestro recorrido entre bóvedas haciendo referencia a una última pieza en la capilla del castillo de Bolbaite, situada en planta baja. Ha sido estudiada por Rafael Marín, que nos la describe de la siguiente manera (figura 11):

> El pequeño espacio de la capilla estaba delimitado por muros de mampostería y tapia, la mayor parte de ellos hoy derruidos. Sobre estos se tendió una bóveda tabicada muy rebajada de dos capas de ladrillo delgado con sus sogas alineadas con la directriz del elemento y un solape de ¼ entre hiladas. Sobre ésta, se dispuso un vertido que, al menos ahora, se presenta disgregado y aparentemente pobre en cal o yeso, el cual servía para definir el plano de piso de la planta superior. En una de las esquinas, quedan rastros en el muro de una roza con restos de ladrillos correspondientes a una pequeña bóveda tabicada de descarga de los senos de arranque. La decoración de la sala, en su parte superior, presenta una molduración corrida resuelta con yeso de traza renacentista con motivos «al romano». En los dos extremos de la sala los tímpanos de ambos arcos testeros lucían unas grandes veneras realizadas in situ y rematadas por una cornisa decorada con hojas de acanto. (Marín 2014, 246)

La reciente consolidación de los restos del edificio ha tratado de mejorar su legibilidad con una recons-



Figura 11
Frente de la bóveda de la capilla del castillo de Bolbaite, antes de su restauración. Fotografía de R. Marín.

trucción parcial del muro faltante y de la bóveda tabicada, actuación quizá un tanto excesiva. El acabado y ejecución serían similares a lo visto en Bechí, salvo por el uso de contrabóvedas para nivelar el piso. Esta solución, documentada en la Edad Media aunque no demasiado habitual, parece emplearse para evitar la acumulación de humedad en los rellenos, según ha observado Rafael Marín. En nuestro caso esto resulta coherente por la existencia de una capilla inferior con decoraciones de yeso y explicaría que no las encontremos en otros lugares, donde simplemente había espacios de servicio.

Las similitudes entre la ornamentación de Bolbaite y el palacio de los Centelles de Oliva (h. 1510) nos permiten establecer una cronología coetánea para ambos, aunque el repertorio formal resulta aquí más sobrio y en las bovedillas de los forjados todavía no se emplearon moldes tallados. Igualmente se pueden establecer paralelos con el castillo de Benisanó, que parece algo posterior. Ambos pertenecieron al gobernador Luis de Cavanilles, quien renunció a su cargo en 1503 y debió morir poco después. Tal vez la reforma de Bolbaite sea obra de su segundo hijo Jerónimo, embajador en Francia entre 1509 y 1511, que heredó Benisanó tras la muerte de su hermano en 1524.

De las bóvedas rebajadas a los forjados de bovedillas y revoltones

A mediados del siglo XVI parecen desaparecer del panorama constructivo valenciano estos forjados resueltos mediante bóvedas tabicadas, coincidiendo con el abandono de los alfarjes de madera y la generalización de los forjados de revoltón o bovedilla. Ello deja claro que la nueva técnica habría logrado superar en economía o sencillez de ejecución a las viejas bóvedas, pero sobre todo lleva a preguntarnos qué diferencia existe entre las bovedillas de la primera mitad del XVI y las siguientes.

Los forjados de revoltones debieron aparecer a finales del siglo XV en Aragón, siendo la escalera del Palacio de la Aljafería (c. 1490) el ejemplo documentado más antiguo que conservamos. Dejando aparte una enigmática «cuberta de cabirós ab volta» realizada en la Casa de la Diputación de Valencia en 1481 (Aldana 1992, III: 35), sabemos que en 1501 se ejecutó en el Real una «cuberta de revoltons de ragola e fusta» que recibió decoración pictórica (Gómez-Ferrer 2012, 110–111). Durante el primer cuarto de siglo aparecen también decoraciones en relieve ejecutadas con yeso mediante moldes de madera (Marín 2014, 126–128). Tenemos noticia por primera vez de estos elementos «rellevats al romá» y también «daurats e toquats de collor» en la propuesta para el *studi nou* de la Diputación, en el año 1512, aunque significativamente fueron desestimados por su coste a favor de un artesonado por considerarse obra «mes durable e mes abultada de mes condició e mes honrosa» (Aldana 1992, III: 45). Las bovedillas lisas de esta época también debían estar ejecutadas en yeso y con molde, como se desprende de algunos restos aparecidos en Bolbaite y de que no se acusase ningún despiece regular en las viejas fotografías de los forjados del palacio de Oliva afectados por la humedad. No obstante, el empleo del ladrillo parece plenamente asumido en otros forjados fechables a mediados de siglo como los del ayuntamiento de Alzira o el palacio de Bechí. Su mayor resistencia frente a los alfarjes tradicionales y una mayor facilidad de ejecución respecto a las bóvedas rebajadas acabarán imponiéndose hasta la recuperación de estas últimas en los siglos XIX y XX, pero esa es otra historia.

Lista de referencias

Aldana Fernández, Salvador. 1988. *La Lonja de Valencia*. Valencia: Consorci d'Editors Valencians.

Aldana Fernández, Salvador. 1992. *El Palacio de la Generalitat de Valencia*. Valencia: Consell Valencià de Cultura.

Bassegoda i Nonell, Joan. 1995. *Els treballs i les hores a la catedral de Barcelona. Un quart de segle d'estudis, projectes i obres (1969–1994)*. Barcelona: Reial Acadèmia Catalana de Belles Arts de Sant Jordi.

Boira Maiques, Josep Vicent. 2006. *El Palacio Real de Valencia: los planos de Manuel Cavallero (1802)*. Valencia: Ayuntamiento.

Climent Simón, José Manuel. 2008. Palau Vell de Llutxent. *Patrimonio Monumental 2. Intervenciones recientes*, 103–132. Valencia: Colegio Territorial de Arquitectos.

Flors, Enric. 2013. *Los vasos del palacio de Geldo. Forma, decoración y simbolismo en la 'obra aspra' del siglo XV*. Almassora: E-dit-arx.

Gómez Ferrer, Mercedes. 2012. *El Real de Valencia (1238–1810). Historia arquitectónica de un palacio desaparecido*. Valencia: Institutió Alfons El Magnánim.

Gómez-Ferrer Lozano, Mercedes. 2003. Las bóvedas tabicadas en la arquitectura valenciana durante los siglos XIV, XV y XVI. *Una arquitectura gótica mediterránea*, vol. 2, 135–156. Valencia: Generalidad Valenciana.

Iborra Bernad, Federico y Miquel Juan, Matilde. La Casa de las Atarazanas de Valencia y Joan del Poyo (1). *Anuario de estudios medievales*, 37–1: 387–409.

Marín Sánchez, Rafael. 2014. *Uso estructural de prefabricados de yeso en la arquitectura levantina de los siglos XV y XVI* [Tesis doctoral no publicada]. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Mesado i Gimeno, Xavier y Nebot i Garcia, Ferran. 2010. *El palau-castell de Betxí. L'inventari d'En Sanç Roís de Liori, vescomte de Gallano*. Bechí: Associació Cultural d'Amics del Palau de Betxí.

Moya Blanco, Luis. 1947. *Bóvedas tabicadas*. Madrid: Dirección General de Arquitectura.

Truñó, Ángel. [1950] 2004. *Construcción de bóvedas tabicadas*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Viciana, Rafael Martín de. [1564] 2013. *Libro segundo de la Crónica de la ínclita y coronada ciudad de Valencia y su reino*. Valencia: Universidad de Valencia.

Zaragozá Catalán, Arturo. 2012. Hacia una historia de las bóvedas tabicadas. *Construyendo bóvedas tabicadas. Actas del Simposio Internacional sobre Bóvedas Tabicadas*, 11–46. Valencia: Universidad Politécnica.

Zaragozá Catalán, Arturo y Gómez-Ferrer Lozano, Mercedes. 2007. *Pere Compte arquitecto*. Valencia: Generalidad Valenciana.

Sistemas constructivos de alminares almohades con machón central cuadrado del suroeste peninsular

Enrique Infante Limón
Elena Merino Gómez

Existe en el suroeste español un significativo número de alminares de planta cuadrada y escaleras que ascienden en torno a un machón central macizo de igual geometría y que se cubren con bóvedas escalonadas de directriz horizontal. El de la mezquita de Cuatrovitas, en Bollullos de la Mitación (Sevilla), es probablemente el más conocido y destacado. Levantado en un entorno que se configuró y alcanzó su mayor desarrollo en época almohade (Valor Piechotta 1982; Corzo Pérez, Moreno de Soto y Kalas Porras 2010), ha sido visto como una consecuencia simplificada y modesta del minarete de la aljama levantada por los unitarios en Sevilla, la Giralda (1184–1198), dadas su estructura, su sencillo y esbelto volumen y su ornamentación exterior[1] (figura 1). Muy similar a la de este es la organización interior del alminar de la mezquita del Alcázar de Jerez de la Frontera (Cádiz), también de entre los siglos XII y XIII[2], lo que llevó a plantear la existencia, en esta zona de al-Andalus, de un conjunto de modestas construcciones coetáneas y relacionadas tipológicamente entre sí (Gurriarán Daza 2000, 172–173). A este ha sido incorporada, más recientemente, la torre de San Pedro de Sanlúcar la Mayor (Sevilla) (Momplet Míguez 2008, 123–124; Calvo Capilla 2014, 158–159), que por su tipología también debió construirse en las mismas fechas, para formar parte del cierre septentrional del patio de una mezquita cuya sala de oraciones se extendió bajo la iglesia de dicho título, a la que hoy sirve de campanario (Calvo Capilla 2014, 670–671).

Pero podemos hablar de otros dos ejemplares que hasta ahora no habían sido tenidos en cuenta. El primero, el amortizado como campanario de la iglesia de Santiago Apóstol de Castilleja de la Cuesta (Sevilla), localidad que en 1370 recibió una carta puebla que aludía a que el templo se había construido junto a una torre preexistente y quizás, por tanto, de origen andalusí (Gómez de Terreros Guardiola y Gómez de Terreros Guardiola 2011, 252–256). En la década de 1880 el edificio fue ampliado hasta dejar el cuerpo de fábrica que analizamos embutido entre el testero principal de la capilla mayor y otras dependencias parroquiales (Gómez de Terreros Guardiola y Gómez de Terreros Guardiola 2011). Esto impide una aproximación a su exterior, a lo que hay que sumar que la parte emergente se encuentra completamente revestida por reformas modernas y contemporáneas. Sin embargo, su interior se ha conservado en buenas condiciones, mostrando una estructura similar a la descrita anteriormente y unos aparejos y evidencias constructivas que, como veremos, no permiten dudar de su adscripción al periodo almohade. Por otra parte, en Niebla (Huelva), se ha conservado una caja de escaleras que, embutida entre la torre-campanario de la parroquial de San Martín y su ábside gótico, procura la subida, desde el segundo, hacia los cuerpos superiores del primero (figura 2). Su organización se adapta a las de las torres anteriores, lo que nos lleva a pensar, junto con las relaciones que establece con el resto del edificio y su orientación sureste, que se trata del arranque de un alminar andalusí amortizado



Figura 1
El alminar de Cuatrovitas, en Bollullos de la Mitación (Sevilla).



Figura 2
Caja de escaleras de la iglesia de San Martín de Niebla (Huelva).

por la obra cristiana. Al encontrarse emplazado en una zona de la ciudad que fue ampliada en época almohade (Campos Carrasco, Gómez Toscano y Pérez Macías 2006, 365–370), podemos clasificarlo dentro de dicho periodo o, a lo sumo, del de las últimas taifas. Sin embargo, solo los tres primeros tramos de escaleras pertenecen al edificio islámico, puesto que el ritmo de las bóvedas se altera a partir de entonces, coincidiendo con un cambio de fábrica apreciable al exterior.

Todos estos ejemplos, sin duda, constituyen un grupo más o menos homogéneo, pero, a pesar de las implicaciones que ello podría tener para el conocimiento de la arquitectura andalusí del periodo almohade, no se ha abundado ni en el análisis constructivo de cada una de las torres que lo componen[3], ni en su examen global. Por dicho motivo, y buscando poner de relieve las pautas comunes que caracterizan la tipología y las particularidades distintivas de cada una de las torres, trataremos de ofrecer una revisión conjunta y comparada de sus fábricas y de sus sistemas constructivos. Con ello, esperamos obtener una serie de conclusiones sobre sus relaciones y filiaciones y, en definitiva, sobre la evolución de la arquitectura de esta zona de al-Andalus[4].

El alminar de Cuatrovitas

Toda la obra es de ladrillo y describe un perímetro cuadrado de 3,25 m de lado (Gurriarán Daza 2000). Las caras del machón que ocupa el centro del mismo mide 90 cm. Entre este y la membrana exterior queda un hueco de 75 cm, el que ocupan las escaleras, que se organizan en tramos rectos de tres peldaños de ladrillos a sardinel. Cada uno de estos tramos desemboca en la meseta plana que ocupa el ángulo del pasillo y que permite el giro. Los rincones que forman sobre ellas las intersecciones de los muros perimetrales fueron achaflanados. El vano de entrada a la torre, por otra parte, se abre en el centro de su cara meridional, lo que obliga, una vez dentro, a girar a la derecha en busca de las escaleras, que ascienden en paralelo a la cara oriental. Sin embargo, el pasillo que conduce a la subida no arranca directamente en la puerta, sino que se prolonga ligeramente para generar un reducido espacio a su izquierda que, aparentemente, no tiene otra función que la de permitir el alojamiento del batiente del vano una vez abierto.

Resulta llamativo comprobar que este alminar y la Giralda comparten ciertos recursos. Por ejemplo, los tramos superiores de escaleras son algo más estrechos que los inferiores, debido, entre otras cosas, al leve engrosamiento que experimentan los muros conforme ascienden. Además, los tramos de subida se cubren, en ambos casos, con un sistema muy similar de bóvedas superpuestas de directriz horizontal, aunque en la torre que analizamos, en lugar de bóvedas de aristas enlazadas, son de medio cañón, con la rosca formada por ladrillos a soga. Si seguimos el sentido ascendente, cada bóveda cubre una meseta y el sucesivo tiro de escaleras. La siguiente meseta queda ya cubierta por la bóveda consecutiva, que se monta por encima de la precedente en dirección al nuevo tramo, creándose de esta forma un recorrido escalonado que permite ir apoyando los superiores (figura 3). Cada una de ellas encastra perfectamente sobre el paramento exterior y la cara del machón central que le corresponden. Además, algunas huellas denotan que para su volteo se emplearon cimbras y que para su fraguado se vertió sobre sus intradoses el mortero de cal aún fresco [5], como evidencia que escurriese entre los ladrillos.

El alminar del Alcázar de Jerez

No podemos perder de vista que, ya en el siglo XV, algunos de los elementos del interior del Alcázar se encontraban derruidos (Romero Bejarano 2006, 870)[6]. Uno de los más afectados debió ser el alminar, puesto que, aunque aún representado en un plano de 1556 del Archivo de Simancas[7], permaneció desmochado hasta principios de la década de 1970[8]. Fue entonces cuando José Menéndez-Pidal acometió su restauración y reconstrucción (Menéndez-Pidal 1973). El examen visual que hemos realizado ha desvelado que la reconstrucción arranca en el cuarto tramo de subida. Serán, por tanto, los tres primeros tramos y el pasillo de acceso los que ofrezcan una información más o menos fiable. En función de esto, podemos decir que la obra fue levantada con ladrillo, a excepción de la base del muro sureste, que es de cantería. El aparejo parece idéntico al de Bollullos incluso en la medida de las piezas (29 x 14 x 4´5 cm). Los tendeles, en la primera, son de 3 cm o ligeramente superiores, mientras que aquí están alrededor de los 4, aunque en otros lugares del edificio los hay hasta de 3. En ambas torres, el ladrillo tiene tendencia a disponerse en verdugadas alternas de sogas y tizones, aunque no existen ni un verdadero orden ni una auténtica pauta que rija la colocación de las mismas. Simplemente, se enjarjan en los ángulos y se disponen libremente en el resto de la verdugada, procurando, eso sí, que queden en disposición diatónica[9].



Figura 3
Sistema de bóvedas escalonadas del alminar de Cuatrovitas. En la imagen pueden apreciarse, también, los chaflanes de los ángulos interiores de la torre.

Otra conexión con la torre de Cuatrovitas la encontramos en la modulación de la planta; el ancho del muro perimetral es muy similar en ambos casos, debido al uso de ladrillos de la misma medida y al empleo de un método constructivo análogo, que consiste en ir alternando la disposición de la pieza en las caras exterior e interior del paramento. Por el mismo motivo, el machón central de Jerez vuelve a tener 90 cm de lado, aunque el ancho del pasillo es menor (ligeramente por encima de 60 cm). La puerta de acceso, en este caso, está desplazada hacia la derecha del paramento, enfrentada al primer tiro de escalera, aunque también se construyó a su izquierda el hueco comentado en el caso anterior, que ahora es un auténtico pasillo que se prolonga hasta el fondo de la torre. Los peldaños también están dispuestos de tres en tres y desembocan en mesetas planas, sin embargo, ahora los constituyen sillares de piedra. Todas las bóvedas, por otra parte, son de medio cañón, salvo la del primer tramo de escaleras, que está formada por dos de aristas enlazadas, como en la Giralda (figura 4). Lo más importante es que tanto una como otras muestran las mismas características espaciales y constructivas vistas en Cuatrovitas. No obstante, existe una



Figura 4
Bóveda del primer tramo de subida del alminar del Alcázar de Jerez de la Frontera (Cádiz). En la imagen puede apreciarse cómo su arco formero enjarja sobre el muro perimetral y cómo la hilada de arranque vuela ligeramente sobre la rasante del paramento.

diferencia reseñable, y es que, al igual que ocurre en el resto de la propia mezquita, las verdugadas que marcan sus arranques sobre los muros perimetrales sobresalen de la rasante en un ligero vuelo (figura 4).

La torre de San Pedro

También hay que realizar con cautela su análisis, puesto que, como denotan tres epígrafes adosados a sus muros, fue intervenido en 1777, 1892 y 2002. Durante esta última, además, se revistieron los intradoses de las bóvedas, lo que impide comprobar si se han conservado evidencias del vertido de mortero o de las cimbras empleadas. Se trata del más grande y particular de los tres ejemplos, pues mide 4 m de lado y sirvió de acceso a la mezquita, como denota el pasillo inferior que permite atravesarlo desde el exterior. La entrada se realiza a través de un vano descentrado hacia la derecha. Tras un primer espacio dotado con bóveda de arista, un pasillo cubierto por bóveda de cañón conducía frontalmente al interior del patio. Justo antes de la salir al mismo, a la izquierda, se abre la puerta de acceso a la subida. Esta especial configuración impide que su arranque sea similar al de las otras torres, abocando el vano al primer tramo directamente, sin que aparezca el característico hueco a la izquierda. También hace que el desarrollo de la escalera sea muy desigual. Los tiros de los cinco primeros tramos están compuestos por distinto número de peldaños. Las contrahuellas están formadas por ladrillos a sardinel –como en Bollullos– únicamente en los dos primeros tramos y en el quinto, siendo de ladrillos a soga y tizón los del tercero y cuarto. Solo este último desemboca en la típica meseta plana, mientras que el tercero y el quinto lo hacen en unas que superan el espacio del ángulo para convertirse en descansillos longitudinales. La principal novedad aparece, no obstante, en las mesetas de los dos primeros tramos, que son partidas. A partir del sexto, la fábrica se regulariza, al pasar los tramos a estar formados por cinco peldaños que, aunque muy afectados por las restauraciones, parecen tener contrahuellas de ladrillos a tizón. Desde la que remata el séptimo, las mesetas están partidas nuevamente.

El sistema de bóvedas no difiere prácticamente de los anteriores, pero también denota ciertas oscilaciones formales. Las de los cinco primeros tramos son de medio cañón, aunque ligeramente rebajada la del primero y apuntadas las siguientes. Las demás, salvo la del décimo, que vuelve a ser similar a estas, son como las del primer tramo de la torre de Jerez, es decir, compuestas por dos bóvedas de aristas enlazadas. Otra excepción la constituye la del noveno, partida en dos por un muro transversal. La mitad superior se configura como una bóveda de aristas simple. La mitad inferior, sin embargo, está ocupada por una bovedita esquifada de ocho paños sobre trompas. Aunque el arranque de esta está más bajo que el de la siguiente, transmitiendo la impresión de que se escalonan sobre la subida, sus claves están a la misma altura, por lo que la directriz del conjunto sigue siendo horizontal. La obra, por otra parte, vuelve a ser de ladrillo, aparejado de forma idéntica a la ya descrita. La diferencia estriba en la medida de las piezas, que ahora son de 27 x 13 x 5–5´5 cm, teniendo el tendel una altura de entre 2 y 3 cm. Pero, no habría que perder de vista que en la base de la cara que mira al norte aparecen sillares de calcarenita en los ángulos y en las jambas del vano de acceso, lo que parece coincidir con un aparejo distinto, compuesto por un ladrillo de 28 x 13´5 x 5 cm y que queda separado por un tendel de 2,5 cm, relleno con un mortero de cal muy blanco.

La torre de Santiago Apóstol

A sus escaleras se accede desde el presbiterio de la iglesia. El vano se abre en la cara nordeste de la torre

y se encuentra descentrado hacia la derecha, como en Jerez. Y es que, la configuración del acceso recuerda a las que hemos visto en Cuatrovitas y, sobre todo, en esta última, al abrirse el característico hueco a la izquierda de la puerta. El peldañeado de los primeros tiros fue reformado a finales del siglo XIX probablemente, pero desde el tercero puede verse el original, organizado en tramos de tres escalones de ladrillos a sardinel que desembocan, como en Sanlúcar, en meseta partida. El sistema de bóvedas es exactamente igual al empleado en Bollullos y está construido del mismo modo, pero nos permite apreciar claramente cómo fueron los medios auxiliares empleados en la obra. En el segundo tramo, por ejemplo, quedaron impresas las huellas de los rollizos de madera que se colocaron longitudinalmente sobre las cerchas para el volteo de las bóvedas[10] (figura 5). Uno de estos palos, de sección ovalada y 7 cm de ancho –el mismo grosor que denotan los negativos de la bóveda– se ha conservado perfectamente dentro de un mechinal ubicado en el ángulo que forman los muros perimetrales entre el tercer y cuarto tramo.

El aparejo solo se distingue en algunas zonas bajas, puesto que se ha conservado el revestimiento original, un enjalbegado blanco que se completa con el característico avitolado almohade. Con algunas salvedades, el ladrillo, de 28–29 x 13–14 x 5 cm, se dispone en verdugadas alternas de sogas y tizones, separadas por tendeles de entre 3 y 4 cm. El machón central, por su parte, es sensiblemente más pequeño que los de las torres anteriores, pues tiene unos 62 cm de lado, mientras que el pasillo tiene un ancho de 70 o algo menos en tramos superiores, donde parece evidenciarse el mismo estrechamiento que en Bollullos. Las medidas totales de la planta, por el contrario, no han podido ser determinadas con exactitud, pues el espesor del muro perimetral es solo accesible, parcialmente además, en el hueco de ingreso, donde se han llegado a medir entre 33 y 36 cm. Esto nos permite suponer que puede estar construido como en las ocasiones anteriores, lo que arrojaría un ancho de entre 44 y 41 cm y un perímetro total para la torre de algo más de 2,80 m de lado (figura 6). Será preciso contrastar esto en futuras investigaciones mediante sistemas de levantamiento indirecto.



Figura 5
Huellas de los rollizos de la cimbra, impresa en la bóveda del segundo tramo de la torre de Santiago Apóstol de Castilleja de la Cuesta (Sevilla).

El arranque de las escaleras de San Martín

Por su ubicación, la única cara visible de la torre constituida por la caja de escaleras es la noreste, que mide 3,36 m de largo. Parece factible, dadas las dimensiones que se han podido determinar desde el interior, que las caras perpendiculares alcancen unas

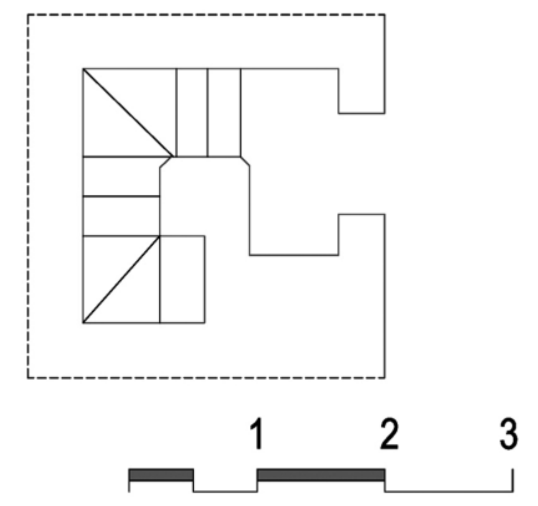


Figura 6
Planta de la torre de Santiago Apóstol, a nivel de la entrada. La disposición del peldañeado fue alterada en el siglo XIX, por eso hemos representado el hipotéticamente original, perceptible en tramos superiores. Se señalan en línea continua los paramentos cuyas medidas se han obtenido de forma directa y, mediante línea de puntos, los límites deducidos por la disposición y medidas del aparejo. Elaboración propia.

medidas idénticas, lo que le conferiría un volumen prismático a la estructura. El machón central mide en torno a 92 cm y los huecos por los que discurren las escaleras oscilan entre los 71 y los 74, medidas que coinciden aproximadamente con las vistas en el resto de torres. Sin embargo, el espesor del muro, medido en el vano de acceso –que se abre en la cara que se adosa al ábside–, es solo de 29 cm. Si ponemos estas medidas en relación con las del muro noreste, cuyo grosor, 41 cm, ha sido conocido por el levantamiento gráfico que hemos realizado, se define una planta en la que la escalera aparece descentrada respecto del perímetro (figura 7). De cualquier modo, no podemos descartar que por el momento haya pasado desapercibida alguna relación entre los cuerpos de fábricas de este sector de la iglesia que haya impedido percibir la correcta ubicación del ascenso.

El tipo de aparejo empleado en el muro perimetral difiere notoriamente de los ya analizados. En él, los tendeles son de 4 cm, pero ahora se alternan entre una y cinco verdugadas de ladrillo de 30 x 15 x 5 cm con tongadas de sillarejo de desigual tamaño y altura, apareciendo algunos incluso en disposición perpiaña (figura 2). El machón central, por su parte, sí recuerda a lo visto con anterioridad, al ser completamente de ladrillos que se enjarjan en los ángulos y se disponen, en el resto del paño, en verdugadas alternas de sogas y tizones. El peldañeado es de piedra, como en Jerez, aunque aparecen ladrillos en la contrahuella. El giro, como en Sanlúcar y Castilleja, se realiza sobre una meseta partida. El vano de acceso también está descentrado hacia la derecha y enfrentado al primer tramo de subida, como en Jerez y Castilleja y, una vez superado el umbral, vuelve a observarse el característico hueco a la izquierda. Las bóvedas, aunque de medio cañón ligeramente apuntado y directriz recta, muestran importantes particularidades. La fundamental, que el escalonamiento se produce sobre la mitad del tramo de escaleras. Partiendo del mismo, cada bóveda realiza el giro con el propio deambulatorio, generando una arista en el rincón, fruto de la intersección de los dos segmentos de cañón que se encuentran en ese punto (figura 8). Al contrario que en los demás ejemplares del grupo, por otra parte, se advierten ligeros resaltes en los riñones, destinados, sin duda, a sustentar las cerchas. Cerca de la arista del rincón entre el segundo y el tercer tramo, además, se observan las huellas de una serie de juncos dispuestos longitudinal y paralelamente y que formaron parte de la cimbra, que difería, por tanto, de las que se emplearon en Cuatrovitas y Castilleja (Figs. 9 y 8).

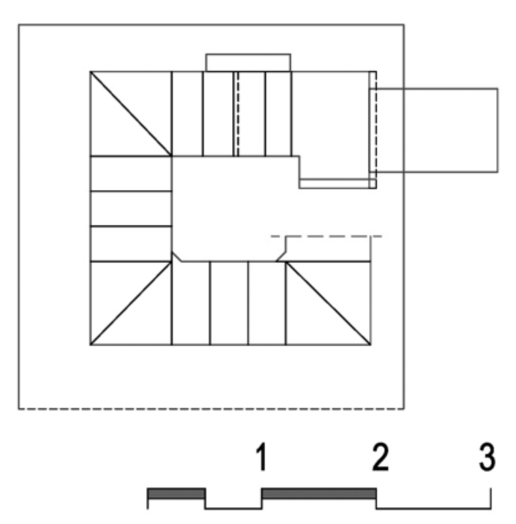


Figura 7
Planta de la caja de escaleras de la iglesia de San Martín de Niebla, realizada a partir de las medidas que se han podido tomar, puestas en relación en el levantamiento gráfico.

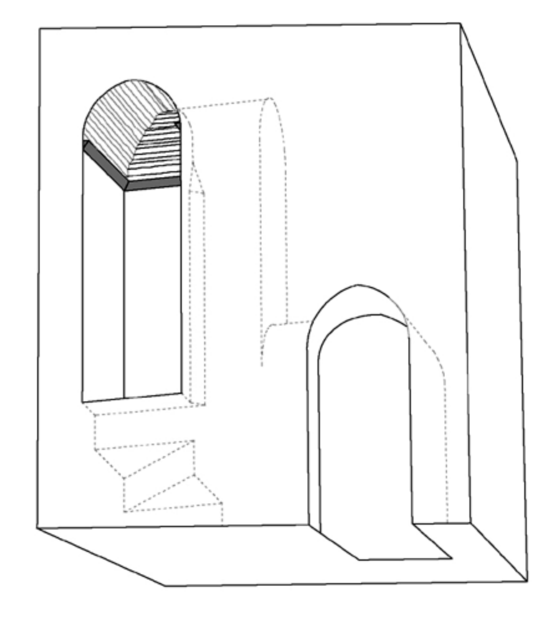


Figura 8
Vista axonométrica de las escaleras de San Martín.



Figura 9
Rincón entre el segundo y el tercer tramo de las escaleras de San Martín. Se aprecian el resalte para el apoyo de las cerchas y los juncos empleados para salvar la distancia entre ellas.

Los sistemas constructivos de las torres

Debemos reparar, en primer lugar, en que los materiales empleados y su disposición en la obra son muy similares en todos los casos, evidenciándose que son ambos factores los que determinan la modularidad, las proporciones y la composición de las plantas, igualmente semejantes. Los sistemas de bóvedas también son esencialmente los mismos. De hecho, el sistema constructivo de cada torre quedaba condicionado por estas de un modo prácticamente idéntico al de las demás. Que los riñones encastren perfectamente sobre los muros de apoyo indica que las obras se interrumpían cuando estos alcanzaban la altura de las impostas, a partir de la cual se colocaba la cimbra. Sin duda, se dispondría un sistema de cerchas muy simples, sobre las que se ordenarían los rollizos que permitirían voltear la bóveda[11]. Esto, posiblemente, se hacía conglomerando los ladrillos provisionalmente con yeso, material con poder adherente en un corto espacio de tiempo (Almagro Gorbea 2001, 148). Conforme la bóveda se iba cerrando, se seguían recreciendo el muro y el machón para crear un encofrado que permitiera retener la mezcla fresca de calicanto que se vertía sobre el intradós ya acabado (figura 10). Una vez fraguado y retirada la cimbra, quedaba una estructura que arriostraba sólidamente la obra y que permitía apoyar la escalera del tramo superior. Las torres debían crecer, por tanto, en el sentido helicoidal que determinaba la escalera, pues el muro exterior de la bóveda recién fraguada se habría levantado lo suficiente como para que la siguiente pudiese intestar sobre él su arco formero de arranque.

Lo que no queda tan claro, sin embargo, es el modo empleado para sustentar las cerchas de la cimbra. En algunos lugares de Cuatrovitas y de Castilleja parece que estas pudieron apoyarse directamente sobre los remates de los muros, lo que pudo obligar, una vez retiradas, a rellenar con un mortero fino, o incluso con tacos de ladrillo, la huella dejada por sus soportes horizontales. En la mayoría de los tramos de ambas, no obstante, no parecen advertirse estas evidencias. La bóveda, enjarjada perfectamente a plomo con el paramento, parece hablarnos de que las cim-

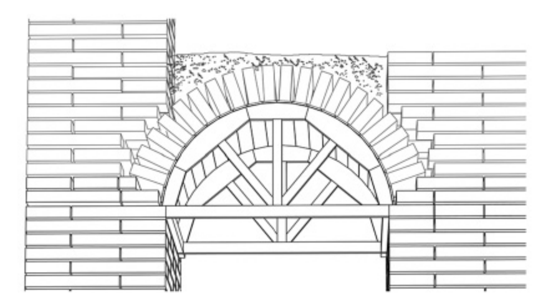


Figura 10
Esquema de las fases de ejecución de las bóvedas de las torres del grupo.

bras pudieron apoyarse, de algún modo, sobre la escalera. Así debió ocurrir en Jerez, donde el vuelo que hacen los riñones sobre los muros de apoyo parece descartar el apoyo sobre las cabezas de los muros.

Especial mención merece el caso de las bóvedas de San Martín de Niebla, excepcionales tanto por su tipología como por los sistemas auxiliares empleados. En Pompeya, en la Regio I, 3, 31 (Adam 2002, 196), se describen soluciones en apariencia relacionadas con la observada aquí. Apunta Adam (2002, 196) que la cimbra de juncos que ha quedado marcada en este caso «recubriría», a su vez, a otra, porque el pequeño diámetro de los tallos no procuraría la solidez necesaria para el volteo de la bóveda. Necesariamente hubieron de disponerse tablas y, por tanto, los elementos leñosos funcionaron como capa intermedia para evitar la adherencia entre el mortero y las tablas o rollizos, pudiendo recuperarse de este modo, para ulteriores construcciones, la totalidad de la madera. En nuestro ejemplo, no obstante, considerando el diámetro de los juncos, de alrededor de 2 cm, y las cortas luces de las bóvedas, es posible que el cañizo se ordenase directamente sobre las cerchas, dispuestas con mayor proximidad entre sí (figura 11).

Conclusiones: algunas reflexiones sobre la tipología, su formación y desarrollo

A la vista del análisis realizado, resulta evidente que estas torres, a pesar de algunas particularidades formales y constructivas, comparten una pauta común a nivel de planteamiento y distribución, así como de recursos y técnicas edificatorias. Se puede hablar, por tanto, de una tipología bien definida y que, configurada en el periodo almohade, alcanzó gran trascendencia. No hay que olvidar que el espíritu doctrinario de los unitarios les llevó a realizar una intensa labor de regulación y estandarización de la actividad edilicia e incluso de la fabricación de materiales de obra. También les condujo a implementar, sobre las prácticas constructivas que heredaron y asimilaron, una monumentalidad, una sobriedad, una modularidad y una sinceridad estructural que definirían la arquitectura del periodo (Borrás Gualis 1999, 115–116). Esto lo ejemplifica perfectamente la Giralda, que, basándose en distintas tradiciones precedentes, aportó unas soluciones que la convirtieron en el más logrado de los alminares de su época (Rodríguez Estévez 1998, 43–48). Su morfología bebía de la herencia andalusí, pero sus grandes proporciones condujeron a la aplicación de un práctico y funcional sistema de subida derivado, probablemente, de los faros de época antigua, al hacer girar una rampa en torno a una estructura central organizada en distintas estancias superpuestas. Era el mismo que se estaba empleando en la Kutubiyya de Marrakech, pero en Sevilla, en lugar de utilizarse el conjunto de bóvedas de cañón inclinadas que se construía en la ciudad marroquí, se recurrió a tramos de bóvedas de aristas enlazadas y de directriz horizontal, recurso que debía estar orientado a lograr la mayor estabilidad posible, al igual que el de engrosar los muros superiores (Jiménez Martín 1998, 93).

Debemos desechar la idea de que las estructuras interiores de las torres menores de esta época fueran un trasunto simplificado de la usada en esta gran obra, puesto que la planta cuadrada con machón central de igual geometría había estado presente desde los primeros tiempos andalusíes (Gurriarán Daza, Gómez de Avellaneda y Sáez Rodríguez 2002, 133–134). Lo que sí ocurrió fue que aquel sustrato tradicional sirvió de base para la introducción de determinados recursos probados con éxito en el alminar de la capital, generándose de este modo la nueva y exitosa tipología. La traza de los accesos sería uno de ellos, una refinada y modular manera de resolver el inicio de los deambulatorios de subida y basada en la imitación de lo proyectado en la Giralda, cuya puerta está desplazada hacia la derecha para permitir alcanzar la rampa de manera inmediata, aunque, hacia su izquierda, el pasillo se prolonga para conducir al inte-

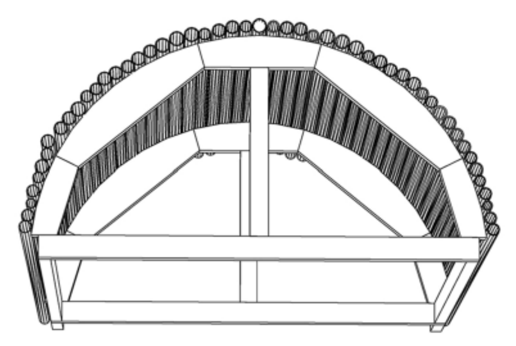


Figura 11
Hipotético sistema de cimbrado utilizado en San Martín de Niebla, según las evidencias observadas.

rior de la primera cámara de su estructura interior (Rodríguez Estévez, 1998, 33–48; Pavón Maldonado, 2009: 579). Pero más determinante fue la aplicación del sistema de bóvedas de directriz horizontal, no empleado en los alminares menores más antiguos de dicha tipología (Gurriarán Daza, Gómez de Avellaneda y Sáez Rodríguez 2002; Calvo Capilla 2014, 578–582 y 593–596). Las bóvedas, perfectamente enjarjadas sobre los paramentos y fraguadas modularmente con el resto de la estructura, junto con la modulación de las plantas, definida por los estandarizados materiales almohades, permitieron una esbeltez hasta ahora desusada.

Como ha propuesto Pedro Gurriarán (2000, 177-179), la obra del alminar de Cuatrovitas debió desarrollarse al mismo tiempo, prácticamente, que la de la capital sevillana, lo que le habría servido para aprovechar los planteamientos técnicos y formales que se iban afinando en ella. Que en Bollullos se emplearan recursos que fueron desechados en las demás torres –como el achaflanado de los ángulos internos[12], probablemente olvidado tras constatarse su escaso nivel de incidencia estructural– refrendaría, en nuestra opinión, que puede ser la primera de la serie conocida. Las trazas de su entrada también parecen apuntar en esa dirección, puesto que, al contrario que en las demás, la puerta no llegó a ser desplazada hacia la derecha. En Jerez, sin embargo, encontramos el último extremo, puesto que el hueco de la izquierda, además, fue prolongado hasta formar un auténtico pasillo. Poco se puede aportar de momento, sin embargo, sobre la evolución de la tipología. Las variaciones formales que se advierten en las bóvedas podrían responder a factores cronológicos y de orden estético. En cualquier caso, no debería perderse de vista la posible incidencia de artífices que, aunque sujetos a unas directrices estandarizadas, pudieran haber recibido influencias de distinta procedencia y arraigadas de modo desigual en distintas zonas. Así podrían estar indicándolo los casos de los sistemas de cimbrado del alminar de Jerez y de San Martín de Niebla, diferentes a los vistos en las demás torres.

Notas

1. El primero en establecer esta relación fue Torres Balbás (1949, 29), dados el material de construcción y los elementos ornamentales de la torre.
2. Son sus rasgos formales los que han llevado a establecer esta datación (Calvo Capilla 2014, 546–551), así como que el entorno urbano donde se asienta se configurase durante el periodo de dominio unitario (González Rodríguez y Aguilar Moya 2011).
3. Únicamente podemos destacar un trabajo dedicado por Pedro Gurriarán (2000) a la torre de Cuatrovitas, que ha resultado ciertamente válido como apoyo para la elaboración de esta comunicación.
4. Aprovechamos la ocasión para mostrar nuestro cordial y sincero agradecimiento a Juan Prieto Gordillo, Rafael Rodríguez Moreno, Manuel Romero Bejarano, Antonio de la Rosa, Manuel Bernal y, muy especialmente, Jesús García Puebla, sin cuya colaboración no habría sido posible la ejecución de este trabajo.
5. En todos los ejemplares que vamos a tratar se emplearon morteros similares, con leves variaciones en las proporciones de cal y arena y en el tamaño del árido usado como conglomerante.
6. Rosalía González y Laureano Aguilar (2011, 111–159) han publicado recientemente una extensa recopilación de las fuentes documentales y gráficas, así como de carácter arqueológico, que arrojan información sobre la evolución material del Alcázar y sus edificios.
7. Fue dado a conocer por Mariano Alcocer e Hipólito Sancho en 1940 (González Rodríguez y Aguilar Moya 2011, 118–121).
8. Su figura no emerge entre los edificios colindantes en fotografías aéreas anteriores a esas fechas.
9. Un análisis del aparejo empleado en Cuatrovitas, en el artículo ya citado de Pedro Gurriarán (2000, 175–177).
10. Similares evidencias aparecen, aunque con menos nitidez, en el segundo tramo de Cuatrovitas.
11. Por un motivo práctico, las cimbras se realizarían con los mismos elementos lígneos empleados en otros menesteres de la obra, como por ejemplo la construcción de andamios. Así lo aclara el caso de Castilleja, realmente interesante de por sí, puesto que, como señalan Sobrino y Bustos (2007, 907) apenas existen evidencias que detallen los sistemas utilizados para la extensión de las plementerías de las bóvedas de época medieval.
12. Según Pedro Gurriarán (2000, 172), se trata de un recurso anómalo en al-Andalus, que tiene un sentido estructural de refuerzo más que compositivo.

Lista de referencias

Adam, Jean-Pierre. 2002. *La construcción romana: materiales y técnicas*. León: Editorial de los Oficios.

Almagro Gorbea, Antonio. 2001. «Un aspecto constructivo de las bóvedas en Al-Alándalus». *Al-Qantara. Revista de estudios árabes,* 22 (1): 147–170.

Borrás Gualis, Gonzalo. 1999. *El Islam: de Córdoba al mudéjar*. Madrid: Sílex.

Calvo Capilla, Susana. 2014. *Las mezquitas de al-Andalus*. Almería: Fundación Ibn Tufayl de Estudios Árabes.

Campos Carrasco, Juan M.; Gómez Toscano, Francisco y Pérez Macías, Juan A. 2006. *Ilipla-Niebla: evolución urbana y ocupación del territorio*. Huelva: Universidad de Huelva.

Corzo Pérez, Sebastián; Moreno de Soto, Pedro y Kalas Porras, Zsafer. 2010. «Intervención arqueológica preventiva en el entorno de la ermita de Cuatrovitas, Bollullos de la Mitación (Sevilla)». *Anuario Arqueológico de Andalucía, Sevilla, 2006*, 4412–4421.

Gómez de Terreros Guardiola, M. Gracia y Gómez de Terreros Guardiola, M. del Valle. 2011. *La arquitectura de la Orden de Santiago en la provincia de Sevilla*. En Gómez de Terreros Guardiola, M. del Valle (ed.). *La arquitectura de las órdenes militares en Andalucía: conservación y restauración*, 241–322. Huelva: Universidad de Huelva.

González Rodríguez, Rosalía y Aguilar Moya, Laureano. 2011. *El sistema defensivo islámico de Jerez de la Frontera. Fuentes para su reconstrucción virtual.* Almería: Fundación Ibn Tufail de Estudios Árabes.

Gurriarán Daza, Pedro. 2000. «Acerca del alminar almohade de Cuatrovitas en Bollullos de la Mitación (Sevilla)». *Caetaria*, 3: 163–186.

Gurriarán Daza, Pedro; Gómez de Avellaneda, Carlos y Sáez Rodríguez, Ángel J. 2002. «El alminar califal de la Ermita de Santiago del Camino en Medina Sidonia (Cádiz)». *Arqueología y Territorio Medieval*, 9: 127–163.

Jiménez Martín, Alfonso. 1998. «El Patio de los Naranjos y la Giralda». En *La Catedral de Sevilla*, 83–132. Sevilla, Guadalquivir.

Menéndez-Pidal, José. 1973. «La mezquita-iglesia de Santa María la Real (Alcázar de Jerez)». *Bellas Artes*, 19: 8–9.

Momplet Míguez, Antonio E. 2008. *El arte hispanomusulmán*. Madrid: Encuentro.

Pavón Maldonado, Basilio. 2009. *Tratado de arquitectura hispano-musulmana IV. Mezquitas*. Madrid: CSIC.

Rodríguez Estévez, Juan C. 1998. *El alminar de Isbiliya. La Giralda en sus orígenes (1184–1198)*. Sevilla: Área de Cultura del Ayuntamiento de Sevilla.

Romero Bejarano, Manuel. 2006. «El ocaso de una fortaleza medieval. El Alcázar de Jerez durante el siglo XVI». En *La multiculturalidad en las artes y en la arquitectura: XVI Congreso Nacional de Historia del Arte, Las Palmas de Gran Canaria*, t. 1: 869–874. Las Palmas: Gobierno de Canarias, Anroart.

Sobrino González, Miguel y Bustos Juez, Carlota. 2007. «Cimbras para bóvedas: noticias de algunos casos». En *Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, SEdHC, CICCP, CEHOPU.

Torres Balbás, Leopoldo, 1949. *Ars Hispaniae. Historia Universal del Arte Hispánico. Vol. IV. Arte almohade, arte nazarí, arte mudéjar*. Madrid: Plus ultra.

Valor Piechotta, Magdalena. 1982. «Aún más sobre Cuatrovita: Análisis de sus fuentes documentales y prospección arqueológica». *Estudios de Historia y de Arqueología Medievales*, 2: 127–135.

Las presas de arcos y contrafuertes de Villarreal de Berriz. Una innovación tecnologica en el País Vasco en el siglo XVIII

José María Izaga Reiner

A comienzos del siglo XVIII, Pedro Bernardo Villarreal de Berriz, 1670–1740, propietario de ferrerías, molinos y montes en Bizkaia, empresario preocupado por la gestión y rentabilidad de sus propiedades, y con una inclinación muy acusada por la mecánica práctica, buscaba entre lo escrito orientaciones para mejorar el funcionamiento de sus ingenios y la reducción de los costes de su construcción.

Al no encontrar algo que le pudiera ayudar dedicó parte de su tiempo a mejorar el diseño de presas y a realizar en sus ingenios numerosas experiencias sobre el funcionamiento de ruedas hidráulicas y de molinos. Como consecuencia de ello diseñó un nuevo modelo de presa consistente en uno o varios arcos rebajados apoyados en contrafuertes intermedios y estribos laterales con el que sustituir a las tradicionales presas de gravedad.

Dentro de un ambiente de renovación Villarreal describió este modelo de presa en el libro *Maquinas Hidráulicas de Molinos y Herrerías...*, publicado en 1736 (Villarreal [1736] 1973) La importancia de esta obra radica en ser la primera obra escrita en castellano en la que se dan reglas sencillas basadas en proporciones para dimensionar las tradicionales presas de gravedad y las del nuevo modelo, y se describen con detalle estas presas de arco.

Presas de gravedad

Las presas que se construían en los ríos de Gipuzkoa y Bizkaia a comienzos del siglo XVIII con objeto de derivar agua para suministrar fuerza motriz a molinos y ferrerías, consistían en fábricas de sección trapezoidal con el paramento aguas arriba inclinado y frecuentemente de mampostería, y el de aguas abajo vertical, de sillería o mampostería. El interior estaba formado por un aglomerado de cantos con mortero de cal. Se construyeron a partir del siglo XVI sustituyendo en muchos casos a las anteriores de estructura de madera.

Estas presas soportan el empuje del agua por su propio peso y por su cimentación en el lecho del río, que necesariamente debía ser rocoso. Son presas transversales a la corriente que vierten por toda su coronación que podía ser del orden de 10 a 60 metros, y con salto entre 1,60 m y 5,50 m. La longitud del remanso oscila entre 150 y 300 m, y permite acumular agua para algunas horas de trabajo. Disponen de desagüe de fondo.

Villarreal manifiesta conocer bien estas presas de piedra. Nos dice que se construían así desde tiempo desconocido, no sabe si «porque aprendieron nuestros padres con las continuas experiencias; o porque algún Mathemático dio la forma». Posiblemente eran consecuencia de numerosas construcciones levantadas empíricamente por maestros canteros creando un modelo experimentado y difundido.

A partir de las que conoció, las describe y extrae criterios y normas para su dimensionamiento que por experiencia garantizan su duración. Es una norma basada en proporciones tomando como referencias la altura del dique y la altura de una avenida esperada.

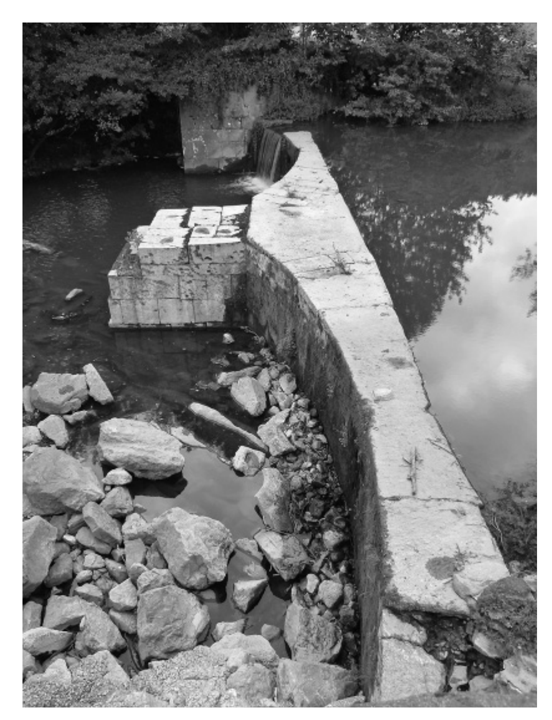


Figura 1.
Presa de Oxillain. Construida por Villarreal. Puede considerarse representativa del tipo de presas de arcos

Considera que la sección de un muro construido para soportar el empuje del agua debía ser un triángulo rectángulo con su base igual a la altura deseada, pero para mayor seguridad recomienda aumentarla en un 20%. Para soportar las avenidas que vierten en su totalidad por la coronación, esta, y por lo tanto también la base, debe ser aumentada en la misma medida que la altura de la lámina de la crecida máxima esperada, que él mismo estima para los ríos en que trabajó, de 6 a 8 pies (1,70/2,20 m) o 2 a 3 pies si se construían en cauces menores.

Recomienda que el frente vertical se construya de sillares bien labrados y rejunteados. El talud, de mampostería debía forrarse en su totalidad con tablas, a las que llama colomas, con sus juntas bien calafateadas para evitar que durante los primeros meses tras su construcción pasara el agua al macizo de cantería recién hecho y arrastrara aglomerante de cal aún sin endurecer.

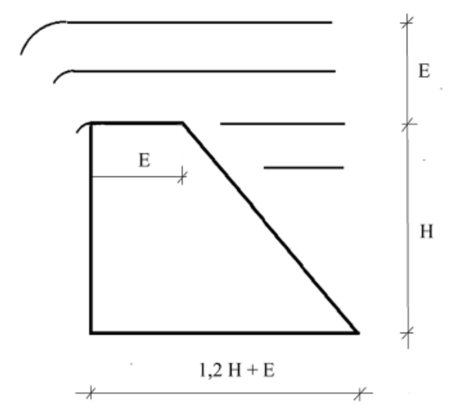


Figura 2.
Norma de dimensionamiento de presas de gravedad

El nuevo modelo de presas de arcos apoyados en contrafuertes

En esta situación de los conocimientos Villarreal se plantea buscar un modelo más firme, más económico y reducir el riesgo de arrastre durante los primeros meses tras su construcción. Realmente aparece como un hombre que persigue la innovación.

Desarrolla un nuevo modelo de presas de uno o varios arcos escarzanos sucesivos apoyados en contrafuertes intermedios y en estribos laterales. Tras el arco y aguas arriba coloca un paramento en talud. Es un nuevo modelo que desarrolla basándose en su intuición y conocimientos.

Lo describe detalladamente en su libro, dibuja su planta, da criterios para determinar su dimensiones, expone detalles constructivos, su replanteo y forma de levantarlos. Nos dice que el número de arcos deberá establecerse en función del álveo, con una cuerda del orden de 30 a 40 pies (8,34–11,12 m) con dovelas de pie y medio o de dos pies de lecho, menciona hasta cinco arcos por lo que puede conseguirse una longitud de presa de más de 60 m. Entre ellos se construirán contrafuertes cuya anchura será la cuarta parte de la cuerda del arco. Los factores que determinaran en cada caso concreto la cuerda del arco serán el ajuste al álveo y la posibilidad de asentar los contrafuertes intermedios sobre un buen lecho de roca.

Podemos ver estas presas como un puente de arcos rebajados girado 90º y pilares de espesor igual a ¼ de la luz de los arcos.

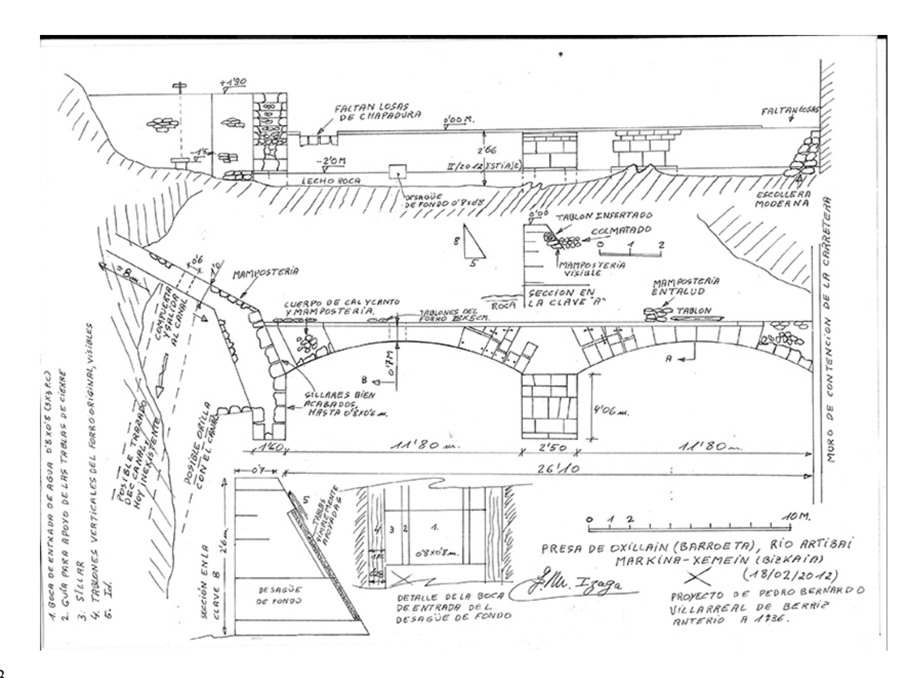


Figura 3.
Oxillain

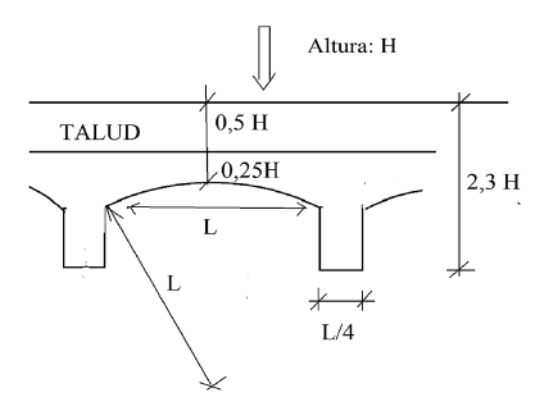


Figura 4.
Norma para dimensiones de presas de arcos

Establecida la geometría del frente de aguas abajo determina el fondo del dique en función de la altura necesaria. El de los contrafuertes debe ser el doble de la altura pero para mayor seguridad lo incrementa un 15%. Recomienda que la anchura del arco en la clave sea un cuarto de la altura, y que la base del talud sea la mitad de la altura de la presa.

Así como en el diseño de las presas de gravedad tiene en consideración la altura de la lámina vertiente sobre coronación, este factor no es mencionado en la presa de arcos, aunque soportan bien importantes avenidas.

Elementos constructivos

Villarreal da recomendaciones para la buena ejecución de la obra y detalla las partes más importantes. Para su replanteo se colocarán sobre el lecho del río los salmeres de la primera hilada alineados y a las distancias de las cuerdas. Previamente deben haberse tallado con un ángulo de 150º, siendo este el formado por el eje de la presa y la superficie de apoyo del arco.

Con centro en los vértices tallados y con una vara o cintrel de longitud la de la cuerda se determina sobre el terreno el centro del arco escarzano, en ese punto se clavará una estaca y girando sobre ella el cintrel se marcará dicho arco sobre el lecho, que tendrá por lo tanto un radio igual a la cuerda.

La construcción del arco se comenzará tallando a pico en la roca del lecho del río los asientos de la pri-

mera hilada de dovelas y dando a cada una de ellas el espesor necesario para que las sucesivas hiladas de sillares resulten horizontales. Los sillares deben ser muy bien tallados y escuadrados.

A continuación debe hacerse una hilera de mampostería en lo que será la base del paramento ataluzado, y a medida que se van levantando las hiladas y el talud de mampostería se debe ir macizando el interior con piedra menuda y mortero de cal y polvo de vena haciendo la mezcla con una palada de la primera y dos escasas de la segunda. Prefiere este polvo a la arena. La vena es un oxido férrico con una ley metálica del 60%, era el mineral de gran calidad que utilizaban las ferrerías para la obtención de hierro. Hoy se observa este mineral en el conglomerante de las presas por él construidas.

Las juntas de las dovelas en el trasdós deben ser impermeabilizadas con betún cuidadosamente con objeto de evitar filtraciones de agua que puedan dañar al cuerpo de la presa y arrastrar el mortero de cal antes de su fraguado total, «porque no penetrando el agua por las juntas de las dobelas, el macizo hace cuerpo maravillosamente, ayudando a ello el agua del río... que sirve para fortificarle», nos muestra que comprende el funcionamiento del arco con sus dovelas trabajando a compresión.

El betún debe hacerse con dos partes de cal viva y una de vena calcinada bien mezcladas con aceite y emplearse seguidamente. Recomienda rematar la coronación con dovelas de mucho fondo, o con losas con el mismo corte.

Los contrafuertes centrales y los estribos deben tener verticales su paramento aguas abajo, y el lecho debe picarse con rebajes en los que introducir la primera hilada de sillares con sus superficies de contacto talladas en diente para evitar deslizamiento. Toda la piedras de la coronación deben unirse con grapas de hierro introducidas sus puntas en orificios y emplomadas.

Cuando en una de las orillas existiera roca Villarreal dice que no hay necesidad de construir estribo y que el extremo del arco se puede apoyar directamente en la peña labrando a pico el asiento de cada hilera de dovelas con la superficie de apoyo alineada al centro del arco.

Las presas de arcos disponen de desagüe de fondo, es una galería de sección cuadrada o rectangular formada por sillares bien trabados entre sí. Una acanaladura asciende por la superficie del talud desde la boca de entrada hasta la coronación. El cierre se conseguía con tablas cortas colocadas horizontalmente y simplemente apoyadas sobre dos rebajes tallados en los lados de la embocadura, superponiéndose hasta alcanzar la coronación. Entre las tablas y el talud quedaba un espacio de no más de 10 cm por donde el agua podía introducirse y caer a la boca del desagüe.



Figura 5.
Desagüe de fondo de la presa de Oxillain

En la foto se aprecian los rebajes a ambos lados para asiento de las tablas, «...se labraran las piedras de la llave con el escarpe dicho, y con dos dientes, el uno para las llaves y el otro para el hueco por donde ha de ir el agua, cuando se quiere desaguar la presa» (Villarreal [1736] 1973) El paramento en talud permite que las tablas se mantengan simplemente apoyadas. El autor dice que es uno de los motivos para construirlo con escarpe. La apertura se realizaba manualmente retirando la tabla superior y sucesivamente las inferiores a medida que se iba desaguando el embalse y arrastrando los tarquines.

Con la construcción recién hecha el mortero de cal tardaba semanas en fraguar totalmente y una avenida imprevista podía arrastrar la masa y destruir la obra. Para evitarlo el frente aguas arriba, debía ser forrado con tabla en su totalidad y calafateadas sus juntas para impedir la entrada de agua a la fábrica. En la foto vemos a ambos lados de la boca las tablas, colomas, que se colocaron durante su construcción en el primer tercio del siglo XVIII tal como su constructor lo recomienda.

Análisis del modelo de presas de gravedad tradicionales

En estas presas con el talud aguas arriba a 45º la componente de la presión hidrostática se sumaba al peso propio del macizo y contribuía a su fijación al lecho del río, el valor de esta componente vertical es del orden del 40% del peso propio de la fábrica. Esta disposición le parecía natural y no se planteaba construir el talud hacia aguas abajo para reducir el efecto de la caída del agua y el riesgo de socavación.

Las presas de piedra debían construirse directamente sobre lechos de roca, en caso de no haberlo debían ser de madera incando pilotes. Un lecho de piedra contribuía al anclaje y reducía la posibilidad de deslizamiento y la subpresión.

Para el dimensionarlas toma dos datos de partida: la altura de la presa y un espesor de la lámina vertiente de 6 u 8 pies para situación de avenidas, que para los ríos y modelo de presas en las que él trabaja equivale, con los conocimientos actuales, al de avenida con periodo de retorno de 100 años, Q 100.

Las presas diseñadas con sus criterios son muy seguras. Sin tener en cuenta el criterio de avenida la resultante de las fuerzas que actúan pasa por el tercio central de la base cerca del límite hacia aguas abajo. Y si se diseñan incluyéndolo aumenta la presión hidrostática pero también la masa de la fábrica, y la resultante se mantiene en ese tercio central. Para la avenida que propone, 6 a 8 pies, la relación entre los valores de las acciones resistentes y las de deslizamiento es del orden de 2 y a vuelco 3,30. Para un caudal Q500, las presas así diseñadas están en el límite de ser arrastradas.

El criterio parece acertado, da lugar a presas seguras y no excesivamente sobredimensionadas. Villarreal no nos presenta ningún cálculo ni razonamiento, nos dice que es así como se construye desde hace tiempo sin que sepa desde cuándo ni de dónde surgen esos criterios. ¿Es la experiencia acumulada tras muchos años de construcción? Es Villarreal quien por primera vez da forma numérica a esa experiencia y la publica para que sirva a otros constructores.

Análisis del modelo de presas de arcos y contrafuertes

No procede analizar desde los conocimientos actuales el nuevo modelo de presas del siglo XVIII diseñadas con criterios sencillos. Una primera aproximación a la mecánica de la estructura nos lleva a pensar que los arcos reciben el empuje horizontal de la presión hidrostática actuando con sus dovelas sometidas a esfuerzos de compresión, que los transmiten a los contrafuertes laterales quienes mantienen su posición por su peso y anclaje al lecho rocoso.

Aún teniendo en cuenta la dificultad de determinar los esfuerzos en una estructura de fábrica con la geometría de estas presas, un análisis aproximado permite hacer algunas valoraciones.

Para ello se ha elegido la presa prototipo que Villarreal describe en su libro cuyas dimensiones son similares a la de Oxillain. Para una altura de avenida de 2,20 m, Q100, cada uno de los arcos junto con el material que dispone tras de sí incluido el talud, soporta los empujes del agua por su propio peso, actúa como una presa de gravedad, no transmite esfuerzos a los contrafuertes intermedios pero está cerca del límite de esta situación.

Para incrementos del nivel de agua el arco comienza a transmitir empujes a los contrafuertes y a los estribos laterales y actúa como tal arco con las dovelas sometidas a esfuerzos de compresión, con una componente perpendicular al frente de la presa.

Para un caudal con lámina vertiente de 3,00 m, equivalente a Q500, la presa en su conjunto está cerca de ser desestabilizada por deslizamiento, menos por vuelco. La altura de la avenida es tal que la presa queda prácticamente sumergida. Aún así mantiene una relación entre los valores de las acciones resistentes y las de deslizamiento que varía de 1,20 si no tomamos en consideración el peso de la lámina de agua sobre la coronación, a 1,60 si lo hacemos. La realidad es que todas las presas construidas por Villarreal han soportado bien las importantes avenidas ocurridas en trescientos años, especialmente las conocidas de 1983 y 1953.

Las presas de Villarreal no son únicamente arcos que actúan mecánicamente como tales. En su parte posterior poseen un macizo en talud con una contribución importante a su estabilidad, por su masa y por la presión hidrostática sobre el plano inclinado que ayuda a fijarla al lecho.

El interés de las presas de uno o varios arcos del modelo que tratamos, se incrementa cuando los arcos se pueden apoyar directamente por sus extremos en orillas rocosas que les permitan soportar los esfuerzos que les son transmitidos, de forma tal que consti-

tuyen unos estribos naturales preexistentes por lo que no es necesario construirlos, con la consiguiente economía.

Cuando esta situación natural no se da es preciso construir estribos laterales que deben tener suficiente peso para soportar por gravedad el empuje de los arcos laterales, y es necesario un volumen de obra de fábrica total entre arcos, contrafuertes centrales y estribos similar al de las tradicionales presas rectas de gravedad. En esta situación las presas de arcos y contrafuertes no presentan especiales ventajas económicas sobre las de gravedad.

Villarreal diseña y construye sus presas para los ríos de la vertiente cantábrica en los que frecuentemente al menos una de las orillas bordea una ladera rocosa lo que le permitió construir sobre ellas estribos ligeros o apoyar directamente el extremo de uno de los arcos. «Quando por alguno de los costados hubiere peña...no ay sino labrarla a pico en cada hilera» De esta forma reduce el volumen y el coste de la obra.

Dice que ha construido cinco presas, todas ellas se conservan. La primera, Errotabarri de Gizaburuaga apoya sus tres arcos directamente sobre rocas intermedias que sobresalen del lecho y actúan como contrafuertes, también el arco izquierdo se apoya sobre el talud rocoso de la orilla. En las cuatro restantes por él diseñadas al menos uno de los arcos apoya sobre orilla rocosa sin necesidad de estribo.

Si comparamos el volumen de la obra de fábrica entre la presa de gravedad tradicional y la de arcos, contrafuertes y estribos, para una misma ubicación esta última precisa un 20% menos. Se debe a que ha adoptado una norma de dimensionamiento que origina fábricas menos sobredimensionadas que las de gravedad, aproximando sus medidas a las necesarias y económicas. Como consecuencia el indice entre los valores de las acciones resistentes y las de deslizamiento se reduce de 2,00 en las rectas de gravedad, a 1,45 para las de arcos, aunque sin hacer peligrar la estabilidad de la obra. La reducción del volumen pasa al 30% si no es necesaria la construcción de uno de los estribos laterales al poder apoyarse directamente el extremo del arco en la roca de la orilla. En esta posibilidad está unas de las grandes ventajas de las nuevas presas de arcos. Villarreal se aproxima con su nuevo modelo a valores más cercanos a los óptimos.

«Qualquiera que quisiere hacer el tanteo del coste de presas antiguas y de este genero de presas hallara que las de arco tienen mucho menos coste, por ser pocos los macizos de mampostería, y escusarse madera y tabla, y la firmeza, quien entendiere de obras, conocerá es mayor sin comparación» (Villarreal [1736] 1739)

Nos plantea un nuevo modelo, no sabemos que conocimientos aplicó, menciona a Pascal, Mariotte Ozanan y Tosca en sus tomos 3 « Estática» y 4 « Machinaria» y disponía de una biblioteca con cerca de mil libros y documentos entre ellos de geometría, construcción, navegación y arquitectura naval. Da criterios de diseño basados en la geometría y proporciones, no menciona fuerzas. Sabe que la altura del agua es el dato que condiciona toda la fábrica.

De su libro no se deduce el alcance de su formación autodidacta, pero nos dice: «He procurado explicarme con los términos más inteligibles, y comunes, evitando theoremas, que prueben lo que se enseña, porque solo servirían para los que saben Geometría y Maquinaria...» Además de empresario era un ingeniero con conocimientos de matemáticas y construcción que pretende dar solución a problemas concretos, muy práctico, con buen sentido e interés por la mejora. La experiencia adquirida en la construcción de su primera presa, la de Errotabarri en Gizaburuaga puede ser el inicio de la idea original de las presas de arcos con contrafuertes.

Presas construidas por Villarreal de Berriz

Son las presas mencionadas en su libro, anteriores a 1736. Todas de arcos escarzanos, transversales a la corriente y vertiendo por coronación. De buena sillería caliza en el paramento aguas abajo y en talud y de mampostería el de arriba, con relleno entre ambos de mortero de cal y canto. Todas en Bizkaia. Las de Errotabarri, Errotazar y Oxillain tienen el carácter legal de Monumento con nivel Especial.

Errotabarri

Está situada en Guizaburuaga, en el río Lea, a unos 300 metros aguas abajo de su ferrería de Bengolea, deriva agua a un molino. La forman por tres arcos escarzanos de cuerdas desiguales y no alineados apoyados en piedras que asoman del lecho rocoso del río, no dispone de contrafuertes, esta función la efectúan las mismas rocas que quedan embebidas en las uniones de los arcos.



Figura 6.
Errotabarri

Nos lo describe con claridad: «y yo edifiqué en Guizaburuaga otra en la misma forma con tres arcos de desiguales cuerdas, por aprovechar unos peñascos levantados; y no llegando a la altura, que necesitó la presa, sirvieron de estribos unas piedras grandes de una vara de alto encarceladas en la peña haciendo el juego de dobela y salmer por ambos lados» La presa actualmente en buen estado responde exactamente a esta descripción, sobre las rocas destacan las piedras labradas de una vara con función de salmer para arcos consecutivos.

Tiene de altura sobre el lecho entre 1,50 y 1,90 metros, las cuerdas son 7,80 m, 3,90 m y 5,00 m. con una luz total de 15,70 m, la anchura de los arcos en coronación es de 1,10 m. El arco extremo derecho se apoya en estribo, y el izquierdo en un estribo y roca de donde arranca el canal al molino. Sobre la orilla derecha existe un muro de encauzamiento. Dispone de desagüe de fondo en el arco derecho.

Esta descripción ha sido identificada erróneamente con la presa de Arancibia situada 4 km aguas abajo. Errotabarri es posiblemente la primera construcción de Villarreal. Elige una ubicación en la que existen varias rocas que emergen, decide aprovecharlas y levanta tres arcos de una a otra en posición y longitud condicionada por las piedras. El ancho de los arcos es todavía grueso, el doble de la que correspondería según el criterio que él da en su libro. El resultado es una presa de sucesivos arcos, y origen de otras que posteriormente decide desarrollar incorporando contrafuertes de obra, llegando al modelo que analizamos.

Oxillain

Está situada en Markina, en el río Artibai. Desvía agua a una ferrería y molino. Consta de dos arcos escarzanos iguales de 11,80 m. de cuerda, un contrafuerte intermedio de 2,50 m. y un estribo en la orilla derecha

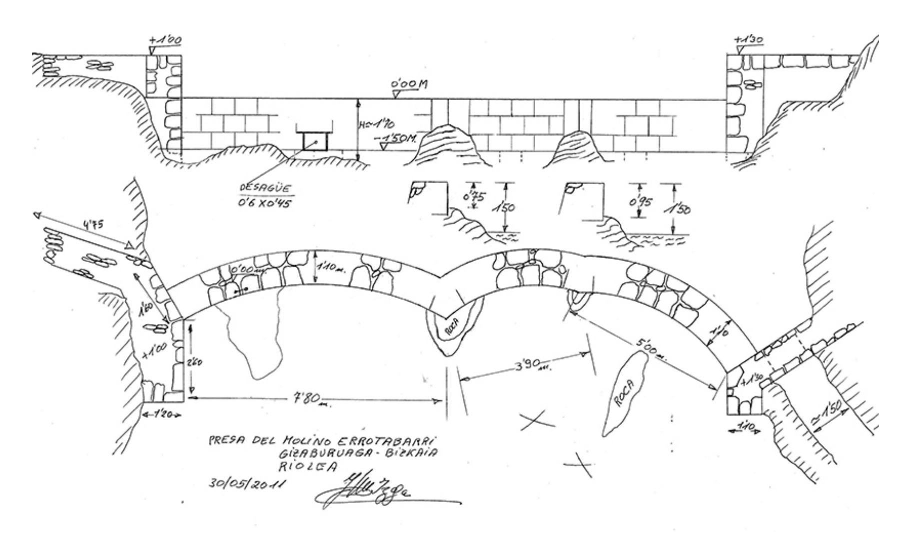


Figura 7.
Errotabarri

de 1,60 m. El arco izquierdo apoya directamente sobre la roca caliza. Está construido sobre roca con una altura de 2,66 m en el centro. Estas medidas son las que se obtienen por las normas publicadas por Villarreal.

La coronación está recubierta de losas de medio pie de espesor y 0,7 m de fondo unidas por grapas de hierro de unos 35 cm emplomadas en los orificios, aunque faltan losas en los extremos derecho e izquierdo.

En 2014 fue abierto el desagüe y vaciado el vaso lo que permitió ver detalles constructivos como las tablas del forro original con el que se le protegió durante su construcción. La presa destaca por su esbeltez, y cuidado diseño.

Errotazar o Lariz Aurre

Está situada en Gizaburuaga, río Lea. Se encuentra inundada en el remanso originado por la presa de Lariz. Se trata de la presa que describe como modelo y que representa dibujada en su libro con un molino a pie de ella. Del molino quedan la base y los muros, y la presa se hace visible en parte. La de Lariz, visible, de dos arcos no fue construida por Villarreal, aunque así ha sido identificada erróneamente por otros autores.

Está formada por dos arcos rebajados aparentemente iguales de cuerda 8,30 m, 30 pies, igual al radio y un contrafuerte central de 2,5 m de frente. El arco derecho se encuentra en parte recubierto por acarreos y se apoya directamente sobre peña sin necesidad de estribo. El espesor del arco en la clave es de 0,8m. No es posible medir su altura.

Ansotegui

Está ubicada en Etxebarría. Deriva agua a la ferrería del mismo nombre. Es de un solo arco de 11,90 m, 43 pies, la mayor luz de las construidas por Villarreal. Su altura es de 3,40 m y la anchura en la clave de 0,80 m. En el extremo derecho dispone de un estribo de 3,30 m de grosor que se prolonga en muro de encauzamiento. El extremo izquierdo se apoya en un estribo y roca, con arranque del canal. Se conserva en muy buen estado.

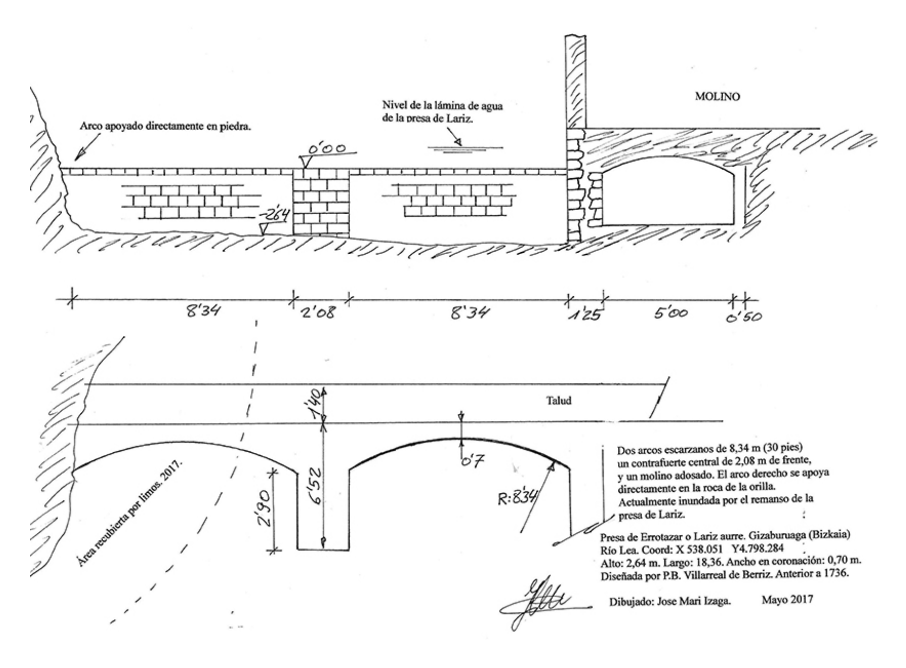


Figura 8.
Errotazar



Figura 9.
Ansotegui

Barroeta

Está situada en Bedia, río Ibaizabal. Derivaba a ferrería y hoy central eléctrica. Consta de cinco arcos, tres de 9,20 m de luz y dos de 7,50, con contrafuertes de 2,50 m, en total 52,60 m. y una altura en su parte central sobre el lecho de piedra de 3,80, el espesor del arco en la clave es de 0,8 m. ajustándose a las proporciones propuestas por su constructor. Muy posteriormente fue realzada más de 0,5 m con un muro recto y unos pequeños contrafuertes. El paramento aguas abajo es vertical, de buena sillería y el de aguas arriba en talud y de mampostería. En su extremo derecho dispone de un muro de encauzamiento y de formación del canal con dos compuertas de entrada. El extremo del arco izquierdo se apoya directamente sobre la roca de talud de la orilla sin necesidad de estribo.

Otras presas de arcos y contrafuertes intermedios ejecutadas por otros constructores

El libro de Villarreal se difundió entre los propietarios y otros constructores siguieron su modelo y sus directrices, cincuenta años después de su publicación seguía consultándose aunque algunos no debieron confiar totalmente en su esbeltez y realizaron presas con espesores del arco superiores a los recomendados, algunos hasta el doble.

Han sido localizadas las presas de arcos que se relacionan seguidamente:

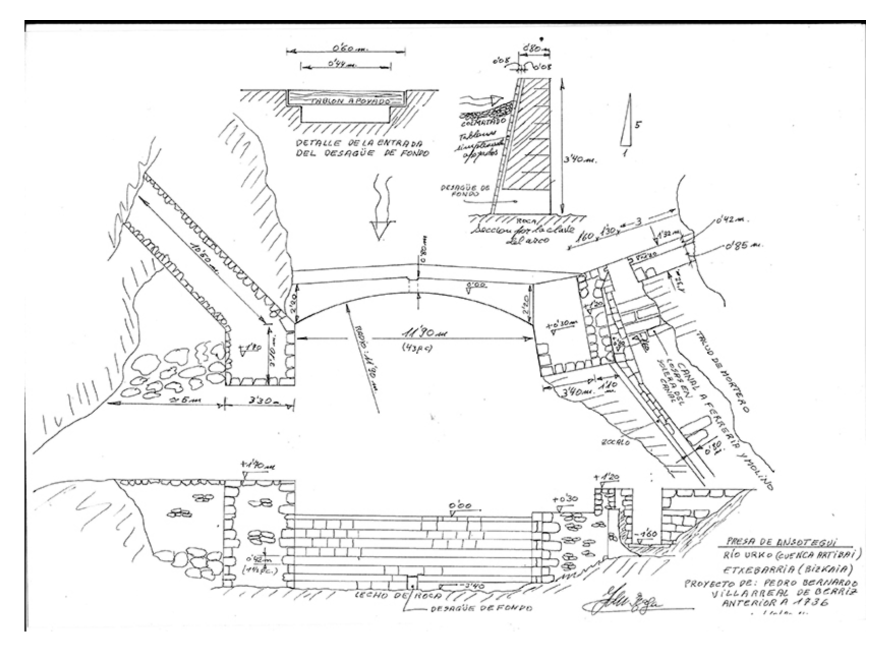


Figura 10.
Ansotegui

Nombre	Ubicación	Coord. UTM ETRS89/ H30	Río	Arcos	Cuerdas (m)	Altura m	Ancho arco
Errotabarri	Gizaburuaga. Bizk	X 537.395 Y 4.797.850.	Lea	3	7,80/3,90/5,00	1,90 m	1,10
Errotazar	Gizaburuaga. Bizk	X 538.051 Y 4.798.284	Lea	2	8,30 m	?	0,95
Lariz	Gizaburuaga. Bizk	X 538.131 Y 4.798.421	Lea	2	12,90	3,10	1,50
Arancibia	Amoroto. Bizk	X 539.491 Y 4.798.544	Lea	3	11,7/11,1/6,81	1,90	1,20
Angiz	Aulesti. Bizk	X 536.686 Y 4.794.473	Lea	2	11,40/11,50	1,70	1,10
Amulua	Aulesti. Bizk	X 535.803 Y4.794.066	Lea	1/ rect	13,81	1,33	1,10
Ibeta	Aulesti. Bizk	X 535.739 Y 4.793.865	Lea	3	6,95/6,10/6,80	2,50	1,24
Bolintxu	Aulesti. Bizk	X 532.730 Y 4.792.738	Lea	1/rect	5,10	1,60	1,10
Agorria	Munitibar. Bizk	X 532.730 Y 4.788.732	Lea	1 med punto	12,10	2,90	0,80
Ansotegi	Etxebarria. Bizk	X 541.591 Y4.789.431	Urko	1	11,90	3,40	0,80
Oxilogin	Markina. Bizk	X 540.854 Y 4.791.478	Artibai	2	11,80	2,60	0,70
Bolu	Berriatua. Bizk	X 543.026 Y 4.788.723	Artibai	2	8,70	2,80	0,70
Urtubiaga	Ea. Bizkaia	X 533.842 Y 4.802.294	Ea	1	10,10	?	1,20
Añabarri 1784	Aramaio. Araba	X 536.469 Y 4.767.440	Arama-io Aran-	2	6,15	4,20	0,70
Gabiola	Mendaro. Gipuzkoa	X 550.237 Y 4.788.770	erreka Lastur	2	8,10	5,50	0,70
Goikola	Deba. Gipuzkoa	X 554.542 Y 4.788.570	 Sasta-rain	1	6,50	1,90	0,65
Lili. 1768	Zestoa. Gipuzkoa	X 559.461 Y 4.787.316	Altzola-ras Leitza-	1	9,70	8,40	2,20
Bekola	Aia. Gipuzkoa	X 563.907 Y 4.788.611	ran Ibaiza-	1	18,60	4,50	2,30
Ollokiegi 1760	Elduaien. Gipuzkoa	X 584.585 Y 4.780.340	bal Ibaiza-	2	13,10	4,10	?
Bolintxu	Berriz. Bizkaia	X 533.997 Y 4.779.190	bal Miera	1	....	….	….
Arandia	Iurreta. Bizkaia	X 528.605 Y 4.779.190	 Clarín	3	9,45	….	1,10
Liérganes	Liérganes. Cantabria	X 440.051 Y 4.479.573	 Indusi	2	13,40	4,50	1,50
Riocorto.	Voto. Cantabria	X 458 968 Y 4 800 820	 Ibaiza-	3	8,90	1,90	0,50
Bengoetxe	Dima. Bizkaia	X 520.821 Y 4.775.047	bal Altube	1	....	….	….
Barroeta	Bedia. Bizkaia	X 516.686 Y 4.783.812	 Arnauri	5	9,2/9,2/9,2 7,5/7,5	3,80	0,70
Olabarri	Orozko. Bizkaia	X 506.736 Y4.771.455	 Arnauri	1	11,90	….	1,10
Usuleze	Orozko. Bizkaia	X 508.837 Y 4.772.110	 Aretxa-balgana	1	….	….	….
Lekubarri	Orozko. Bizkaia	X 509.321 Y 4.771.843		1	….	….	….
Ugalde	Larrabetzu. Bizkaia	X 518.217 Y 4.791.189		1	….	….	….

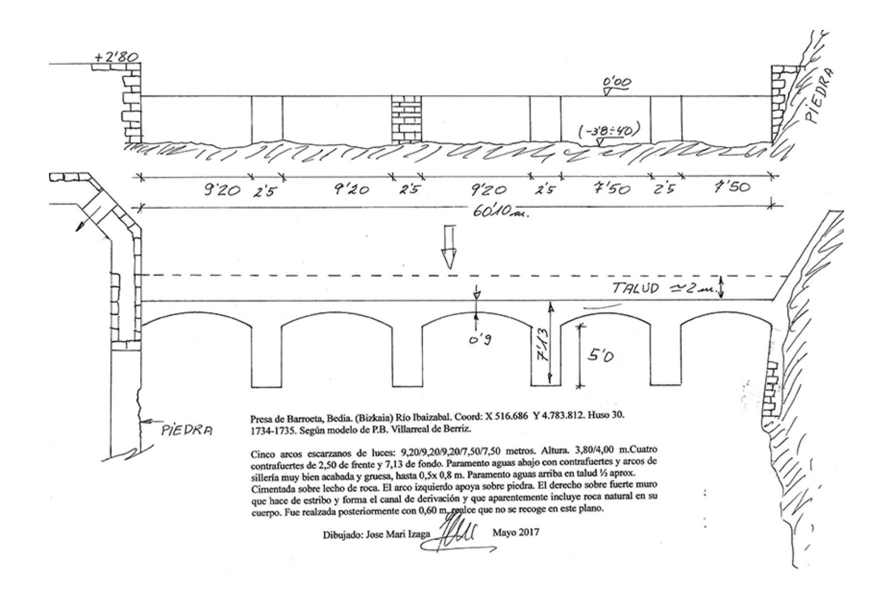


Figura 11.
Barroeta

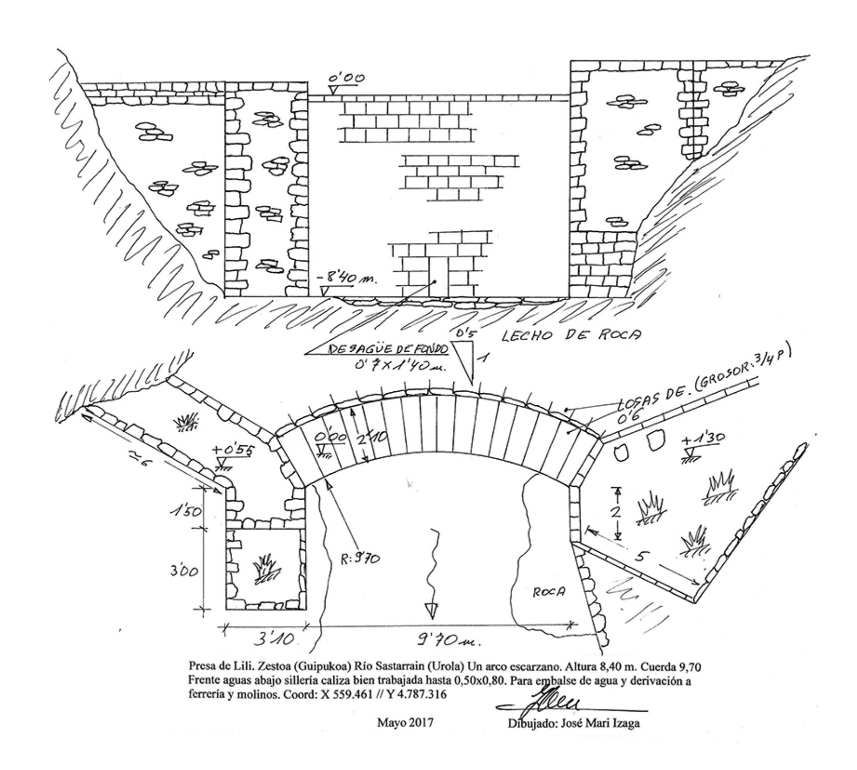


Figura 12.
Lili

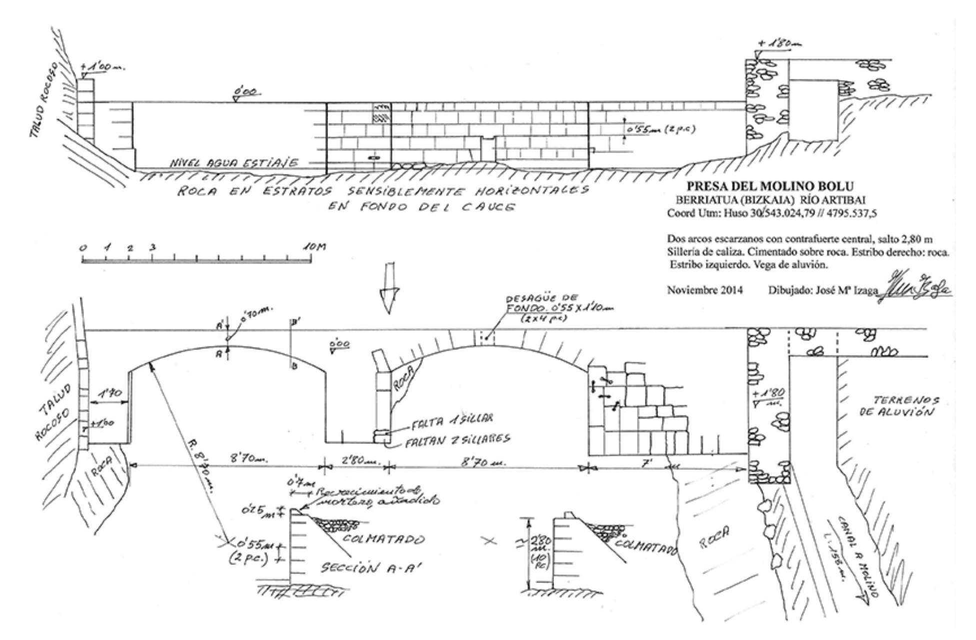


Figura 13.
Bolu

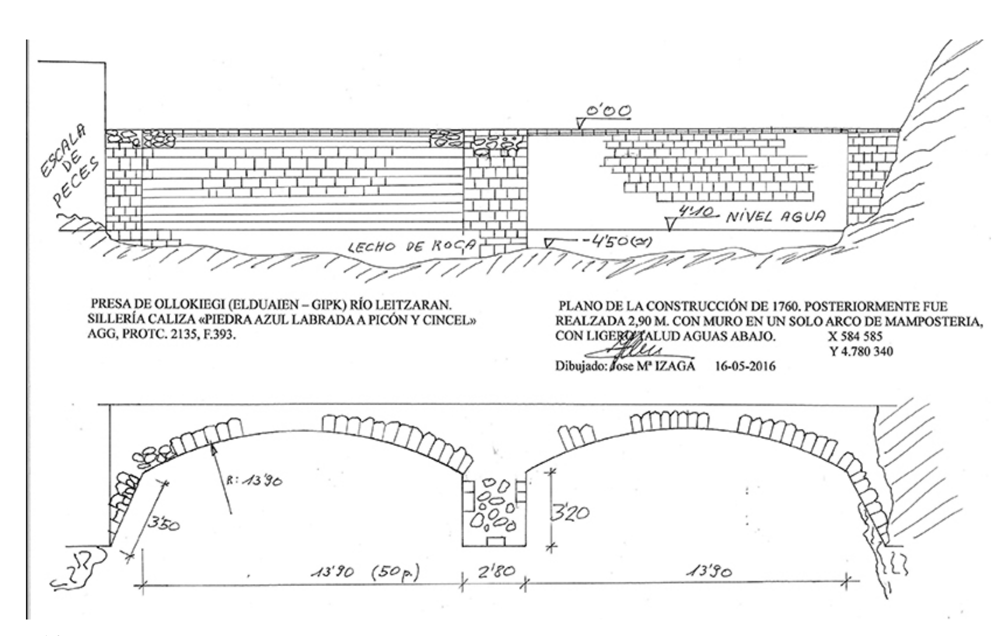


Figura 14.
Ollokiegi, prevista su demolición parcial por la Diputación de Gipuzkoa

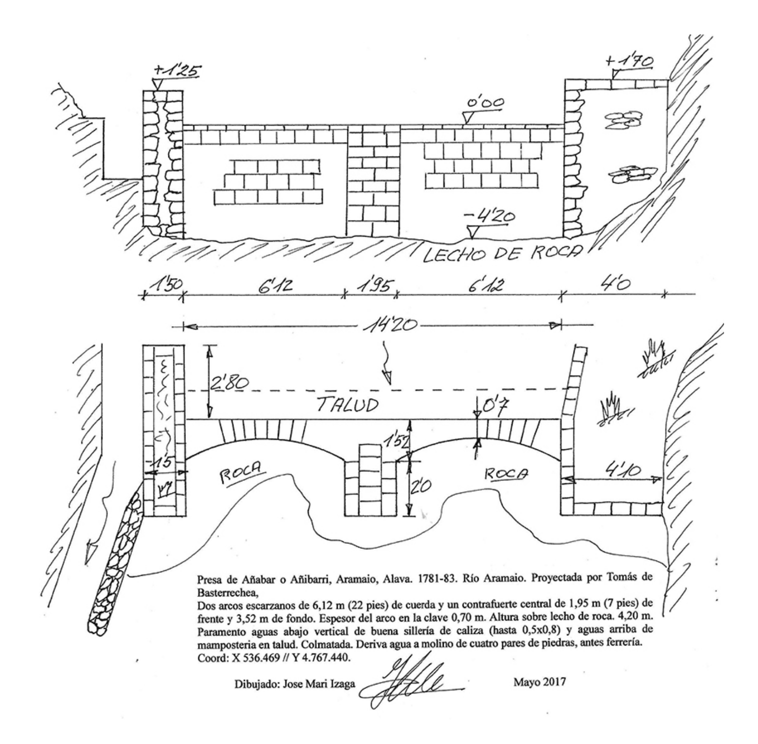


Figura 15.
Añibarri

Bibliografía

Apraiz, A. Izaga, José M. Martínez, A. Protección de las Cuencas Fluviales del País Vasco. *8º Congreso de Molinología*. Pontevedra: Diputación de Pontevedra.

Bueno Hernández. F. ed. 2002. *I Congreso Nacional de Historia de las presas*. Actas. Badajoz: Diputación de Badajoz.

Casanovas, T. ed.1990. *Presas de Bizkaia*, Bilbao: Diputación Foral de Bizkaia.

Díez-Cascón Sagrado, J y Bueno Hernández, F. 2001. *Ingeniería de Presas. Presas de Fábrica.* Santander: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.

Fernandez Ordoñez, José. 1984. *Catalogo de noventa Presas y Azudes Españoles anteriores a 1900*. Madrid: CEHOPU.

García-Diego, José A. 1971. Pedro Bernardo Villarreal de Berriz y sus presas de contrafuertes. *Revista de Obras Públicas 3076*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

García-Diego, José A. 1991. Villarreal de Berriz: desde una exposición a la conservación de monumentos de interés tecnológico. *Revista de Obras Públicas 3303*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Izaga Reiner, José María. 2011. El Sendero del Rio Lea. Naturaleza e Ingenios. *Euskonews 526.* San Sebastián: Eusko Ikaskuntza.

Nordon, Marcel. 1985. *L´Hidraulique d´un gentilhombre Basque*. Madrid: Biblioteca de la Fundación Juanelo Turriano.

Ruiz de Azua, E; Llombart Palet, J.M.; Valle de Lersundi, J. 1990. *Pedro Bernardo Villarreal de Berriz. La aportación vasca a al ingeniería del XVIII.* Bilbao: Diputación Foral de Bizkaia.

Ruiz de Azua, E. 1990. *Pedro Bernardo Villarreal de Berriz. Semblanza de un vasco precursor.* Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

Villarreal de Berriz, Pedro B. [1736] 1973. *Máquinas Hidráulicas de Molinos y Herrerías y Gobierno de los Árboles y Montes de Vizcaya.* San Sebastián: Sociedad Guipuzcoana de Ediciones y Publicaciones.

Schnitter, Nicholas J. 2000. *Historia de la presas.* Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Smith. Norman A.F. 1992. *The Heritage of Spanish Dams*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Puentes Novohispanos en la Ciudad de México

Alejandro Jiménez Vaca
Arturo España Caballero

La ciudad de México, la Venecia de América

La ubicación de la ciudad de México, rodeada de lagos y numerosos recursos hídricos, forzó a adoptar una traza e infraestructura que se integrara al medio natural en el que se encontraba inmerso, a través de vialidades acuáticas (acequias), alternadas con vialidades terrestres, incorporando puentes a lo largo de los canales para permitir la comunicación con estas vialidades. En la actualidad no son notorios los rastros del pasado lacustre de la ciudad, pues los antiguos canales fueron cegados y los puentes demolidos, perdiéndose con ellos los testimonios de este medio acuático en el que se encontraba la ciudad. A través del registro de cartografía antigua, se realizó una identificación de los diferentes puentes que existieron en la ciudad de México, planteando una ubicación hipotética en un plano actual, además de identificar y describir los sistemas constructivos de los cuales estaban compuestos. Las descripciones y referencias de cronistas novohispanos de ciertos puentes y el nombre que tenían, se complementan con este registro cartográfico de los puentes, contribuyendo con esto a la preservación de la memoria lacustre de la ciudad, un pasado que a pesar de no ser visible ni tangible, debe quedar presente de lo que alguna vez fue parte de la ciudad de México.

Las acequias de la Ciudad de México variaban del método de tierra firme, siguiendo el método de las chinampas laguna adentro que se utilizó para irle ganando terreno al lago, delimitando la zona que se iba a cubrir mediante empalizadas de otates o carrizos clavadas en el fondo del lago que se iban llenando de piedras y tierra, este método era utilizado de forma general para delimitar el área de tierra firme con el lago, en pocos casos se utilizó piedra que en ocasiones iba protegida con un aplanado de cal, como en las calzadas de Iztapalapa y Tacuba, (Carballal y Flores 2004). Según señala Cortes (2010) en sus Cartas de Relación, las acequias mantenían el aspecto de palizadas que contenían la tierra en sus bordes cuando las observaron los conquistadores españoles en sus primeros encuentros con los mexicas, posteriormente en el período virreinal estas fueron sustituidas por muros de piedra que contenían las acequias.

Una de las principales características por las que fueron conocidas y admiradas las acequias, fue su utilización como vía de comunicación acuática, provocando por parte de los cronistas una visión romántica en la forma de apreciar la ciudad, los cuales alentaban la imaginación de los que no consiguieron visitarla, llegando a ser conocida la Ciudad de México con el célebre nombre de “la Venecia de América” (Vetancourt 1990), con esta idea surgieron las representaciones de las acequias mexicanas en estampas europeas con el aspecto de los canales venecianos, si bien había diferencias con la distante ciudad portuaria, como la de estar en un lago y no cerca del mar, había coincidencias que hacía que la comparación no fuera tan errada, como la de contar con un embarcadero comercial en la que la actividad era muy intensa, puentes en los que se cuidaba el aspecto estético de ellos, y la navegación por sus aguas.

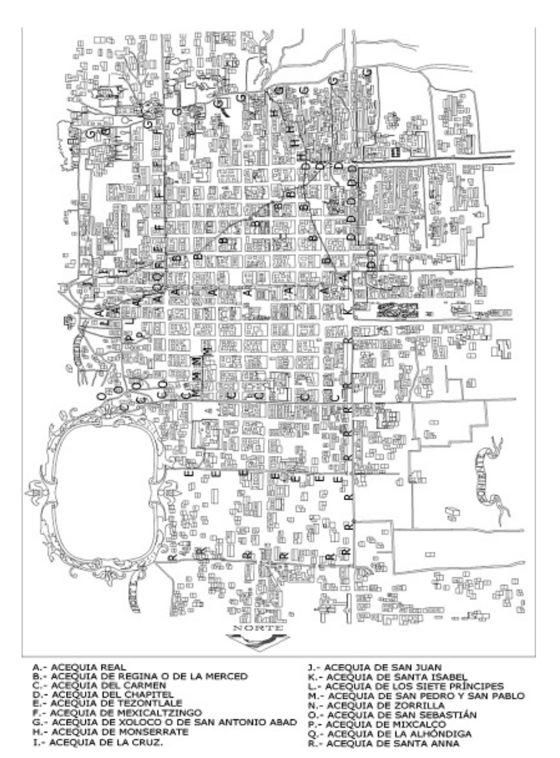


Figura 1.
Plano de Pedro de Arrieta y los Maestros de la Arquitectura de 1737, redibujo de Alejandro Jiménez Vaca

Los Puentes como infraestructura complementaria de las acequias

Un elemento urbano ligado a las acequias eran los puentes, estos llegaron a adoptar la nomenclatura que se daba a las calles, estribando su origen en diversas circunstancias, ya sea a la actividad u oficio que se desempeñara en la zona, a un suceso histórico, a un edificio o templo destacado, o a que viviera un personaje ilustre en alguna calle de la ciudad.

Los antiguos puentes mexicas hechos de varias vigas de madera perfectamente labradas y colocadas una junto de otra como lo describe Hernán Cortés (2010), podían quitarse dejando una barrera de agua que hacía imposible el pasar de un lado al otro, estos puentes fueron suplantados por puentes colocados de forma permanente para el continuo paso de vehículos y personas (figura 2).

Básicamente se pueden clasificar los puentes según sus métodos constructivos en dos tipos:

A. Los de vigas: El sistema constructivo se componía de forma muy similar a la bóveda franciscana, constaba de viguería, tablazón, terrado y empedrado, a los lados podía tener pretiles de piedra o un barandal de madera (figura 3).

B. Los de bóveda: Se componía de una pequeña bóveda de cañón corrido de dos o tres metros de ancho, y aproximadamente 5, 6 o más metros de longitud de un arco rebajado de cinco o más puntos, encima de ésta bóveda se colocaba un terrado y sobre éste el empedrado, a los lados se colocaban pretiles de piedra (figura 4).

El acceso a los puentes desde las calles se hacía por medio de rampas que conectaban estos dos elementos.



Figura 2.
Acueducto y puente prehispánico en la calzada de Tlacopan. Imagen tomada del libro “Origen, vida y muerte del acueducto de Santa Fé” de Raquel Pineda Mendoza,Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM, México, 2000, p. 28. Redibujo Alejandro Jiménez Vaca

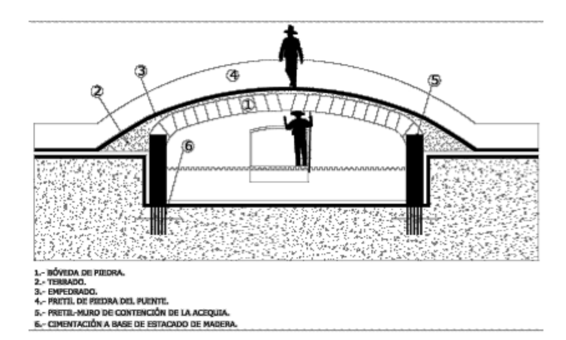


Figura 3.
Croquis hipotético de un puente de bóveda, basado en datos de la tesis de Elsa Cristina Hernández Pons, *La Acequia Real: Historia de un Canal de Navegación*, Tesis de Doctorado en Estudios Mesoamericanos, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 2002, p.79, 80. Dibujo Alejandro Jiménez Vaca

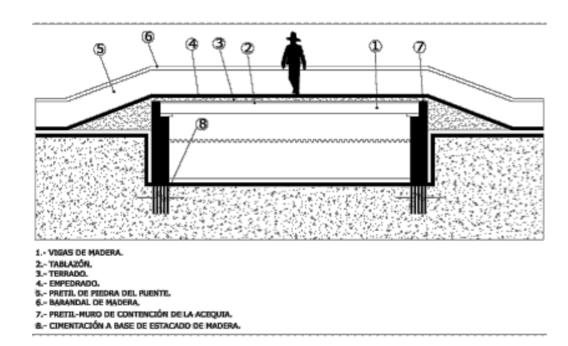


Figura 4.
Croquis hipotético de un puente de vigas. basado en datos de la tesis de Elsa Cristina Hernández Pons, "La Acequia Real: Historia de un Canal de Navegación", Tesis de Doctorado en Estudios Mesoamericanos, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 2002, p. 79, 80 y 88. Dibujo Alejandro Jiménez Vaca

Existían puentes provisionales si es que se les puede llamar así, conformados de dos o tres vigas colocadas sobre piedras y los cuales eran colocados de forma clandestina por los propietarios de casas y comercios, ya que el tener un puente era una gran ventaja en cualquiera de los dos casos, ya que facilitaba el paso de las personas sin que tuvieran que trasladarse hacia el puente que se localizaba en algún lugar de la calle, y en el caso de los comercios aseguraba el tránsito constante de personas, y por ende aseguraba mayores ventas, esto se puede constatar en diversos documentos del Archivo Histórico del Distrito Federal, en los que se notaba la preocupación que causaba la inseguridad de estos puentes, tanto de los peatones como de las embarcaciones que circulaban debajo de éstos, asimismo había una inquietud por el aspecto estético de los puentes, ordenándose en varias ocasiones su retiro o sustitución por uno de mejor aspecto, ya sea de vigas o de bóveda.

Por otra parte se presenta un plano de ubicación de puentes, el cual fue indispensable para ubicar el trayecto de las acequias ya que varios autores hacen referencia a los puentes para indicar su recorrido, asimismo se hizo una identificación de los nombres y la localización de los puentes respecto al nombre original de las calles y el nombre actual de las mismas, para poder realizar esto se analizaron los siguientes planos: el de Pedro de Arrieta y los Maestros de la Arquitectura de 1737, el de Juan Manuel de Villavicencio de 1782, el de Diego García Conde de 1793, y el plano de Antonio García Cubas de 1881, este último permitió ubicar por el nombre de las calles el Puente de las Guerras, el Puente del Zacate, el Puente de Solano y el Puente de la Soledad.

Los puentes complementaban el sistema hidráulico de la cuenca de México, comunicando por medio de la vía terrestre las diferentes zonas y poblados que se localizaban en los lagos y sus riberas, en casos específicos y conjuntamente con las vialidades terrestres estos elementos determinaban en las poblaciones y sus periferias la trayectoria de las acequias, en el caso de la ciudad de México fue la zona de la Merced donde se presentó esta situación, así como los puentes que se ubicaban en el trayecto hacia la villa de Guadalupe, en que se supeditó la construcción de la acequia de Guadalupe y la calzada que llevaba al santuario a partir de las vialidades terrestres existentes en el poblado al pie del Tepeyac, en otras ocasiones los puentes son parte complementaria de distintos elementos, sin que ninguno de ellos se supedite al otro, sino que conjuntamente conforman un sistema, ejemplo de esto son los puentes de San Lázaro de la Viga, de Culhuacán y de Tláhuac, en donde se suma la utilidad de los puentes como vía de comunicación terrestre, como medio de control de mercancías y personas, así como medio de control del flujo de las aguas, al encontrarse en algunos de estos puentes compuertas que permitían mediar los niveles de agua de los lagos.

Uno de los puentes más emblemáticos de la cuenca de México era el puente de la Viga, el cual servía de acceso a la ciudad de México a la gente que provenía de los poblados de la zona sur de la cuenca, este se localizaba a un costado de la garita del mismo nombre, la cual a su vez se localizaba a un costado de la Acequia Real que provenía de Chalco y Mexicaltzingo, justo donde terminaba el paseo de Revillagigedo, en lo que serían las actuales calles de la Calzada de la Viga y Avenida Morelos o Calzada Chabacano, en la colonia Jamaica de la Delegación Venustiano Carranza, en los límites con la Delegación Cuauhtémoc e Iztacalco. De las garitas que contaban con puente a su lado, este era el más grande y suntuoso, con dos arcos rebajados, cimientos, paredes y bóvedas de piedra de chiluca, con pilastrones en los extremos de cantería, pretiles y tajamares de mampostería, con el piso y faldones empedrados (Torre 1999).

Puentes de mayores dimensiones con estos sistemas constructivos se encontraban en las inmediaciones de la Ciudad, siendo de trascendencia los ubicados en las garitas de la Viga, San Lázaro, además del puente ubicado en el pueblo de Iztacalco, el cual fue representado por Casimiro Castro en la Litografía llamada el Pueblo de Iztacalco, donde se ve pasar el pequeño vapor que viajaba de Chalco a la Ciudad de México, remolcando una pequeña embarcación de carga, este puente destacaba entre los demás puentes por su gran tamaño, tanto por el claro que libraba, como por la altura que alcanzaba así como por las grandes rampas por las cuales se accedía a este puente, se localizaba justo enfrente del pueblo de Iztacalco en lo que se ha conocido desde entonces y hasta la actualidad como Barrio de la Asunción, lográndose a apreciar edificios con portales que daban hacia la Acequia Real o de la Viga en las ilustraciones que se hicieron en el siglo XIX por los litógrafos de la época, este puente de vigas se construyó con cimientos de mampostería y pretiles de piedra con barandales de madera, tal pareciera que no contaba con empedrado sino solamente con terrado, tal y como se puede apreciar en una litografía del siglo XIX que permite apreciar el sistema constructivo del mismo

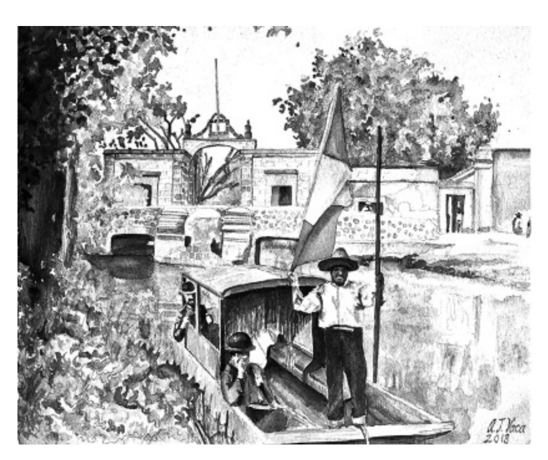


Figura 5.
Garita y puente de la garita de la Viga, en la imagen se puede advertir el embarcadero aledaño a la garita, el cual permitía la revisión y cobro de las alcabalas a los comerciantes que se trasladaban en canoas y que provenían de los poblados ubicados en los lagos de Xochimilco y Chalco. Acuarela, Alejandro Jiménez Vaca, 2013

Para la administración de las mercancías y su tránsito en los poblados de la cuenca, se hizo necesaria la implementación de embarcaderos en los cuales se localizaban bodegas para el almacenamiento de los productos que se comerciaban, también en estos sitios era donde se localizaban las terminales de las rutas para la navegación acuática, confluyendo a la vez las rutas comerciales que se comunicaban por tierra con los demás poblados de la Nueva España, otros elementos que permitían el cobro de impuestos, así como la seguridad entre los poblados eran las garitas y puertas, las cuales estaban situadas tanto en los caminos de tierra como en los acequias. El cobro de impuestos denominados alcabalas que se imponían a los comerciantes que pretendían ingresar sus productos a la Ciudad de México, se realizaba en edificios colocados estratégicamente en los alrededores de la ciudad, así como en los poblados vecinos que eran paso obligado hacia la Ciudad de México, estos edificios servían para controlar el paso de personas, garantizando la seguridad de los habitantes de los poblados donde se ubicaban, así como para la seguridad regional de los poblados en donde se ubicaban estos puestos de control, con lo que se formaban perímetros que abarcaban grandes extensiones de territorio, incluyendo varios poblados que se integraban para una mejor vigilancia.

En el caso de la ciudad de México existían tres garitas por las cuales el acceso era vía acuática a través de acequias, las cuales se comunicaban con las grandes zonas de producción agrícola y forestal, además

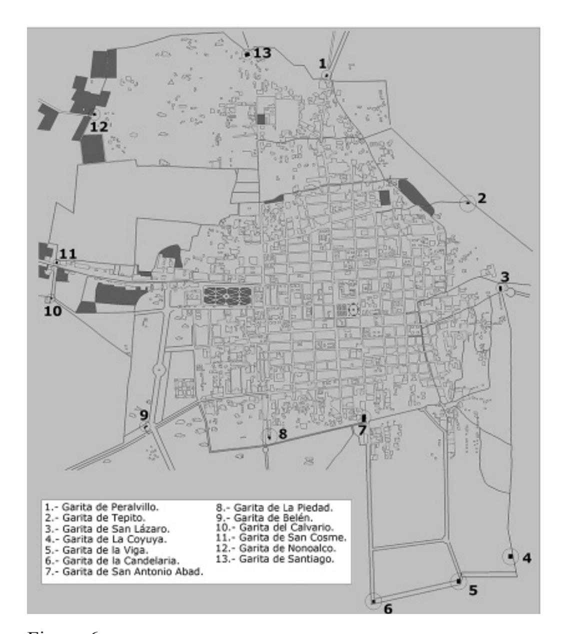


Figura 6.
Sobre un impreso de un plano del año de 1791 José del Mazo y Avilés ubica las trece garitas existentes en el año de 1816, las cuales se encontraban en el trayecto de la acequia de resguardo que rodeaba la Ciudad de México, siendo evidente en este plano la utilidad de las acequias como medio de control y protección, contemplándose en el diseño de las garitas la integración con las vialidades terrestres y acuáticas. Ubicación de las garitas sobre el plano de Diego García Conde de 1793, datos de la ubicación de las garitas en base del plano de José del Mazo y Avilés de 1791 de www.agn.gob.mx. AGN, Mapa 0021, 1791, copia 23 de Marzo de 1816. Dibujo de Alejandro Jiménez Vaca

de otros productos como materiales de construcción, sal y alimentos, una de estas era la ubicada en las cercanías del pueblo de Iztacalco y que era conocida como Garita de la Viga, esta controlaba los productos originarios de la zona sur de la cuenca, así como los que se cargaban en los embarcaderos de la Provincia de Chalco y que provenían de las zonas del actual estado de Morelos y Guerrero, además de los provenientes de China y Filipinas a través del puerto de Acapulco, otra garita era la ubicada en San Lázaro, y esta permitía controlar los productos provenientes de la zona oriente y norponiente de la cuenca, de donde provenían materiales de construcción, así como alimentos y sal. La constante entre estas dos garitas era la de contar con una edificación que se encontraba al lado de las acequias y un puente que permitía controlar el acceso de las embarcaciones. La garita de Peralvillo que se sumó a las anteriores para la inspección de mercancías que se trasladaban vía acuática y que antiguamente servía de forma exclusiva para la inspección de las mercancías que ingresaban a través de la calzada del Tepeyac, aumentó sus funciones a partir de la ampliación de la acequia de Zorrilla hasta los inmediaciones de la garita de Peralvillo y la construcción de la nueva acequia que llegaba hasta la Villa de Guadalupe, al término de dicha acequia se encontraba la garita de Guadalupe que inspeccionaba los productos procedentes de la zona norte de la cuenca, además de los provenientes de Tierra Adentro.

A consecuencia de la Guerra de Independencia, y a fin de evitar que la ciudad de México pudiera ser tomada por el ejército insurgente, se suprimieron varias de las garitas que circundaban la ciudad, de manera que quedaron en funcionamiento sólo cinco, la de la Viga, la Candelaria, San Lázaro, Peralvillo y la de Belén, que estaban dedicadas para vigilar el acceso y salida de personas de la ciudad (Torre 1999). Surgieron en el año de 1815, varios proyectos de la autoría de José Mariano Falcón para la fortificación de estos accesos, donde se puede observar la delimitación de las garitas con gruesos muros inclinados y puertas para su acceso, en algunas de éstas se incluyeron baluartes con troneras para defender estos sitios en caso de ataque. Parte trascendental del diseño de las garitas era su integración con la acequia perimetral de resguardo, además de incorporar otros pe-

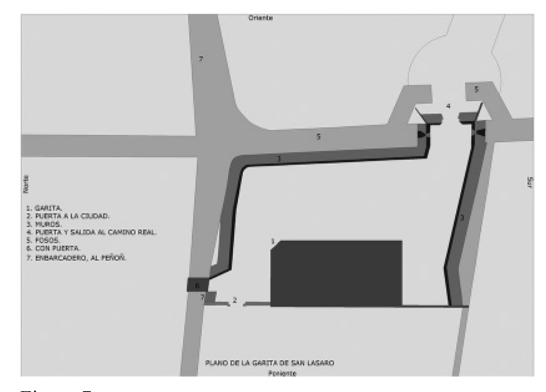


Figura 7.
Plano de José Mariano Falcón, Garita de San Lázaro, Redibujo de imagen tomada de www.agn.gob.mx. AGN, Mapa 0416, 1815. Redibujo de Alejandro Jiménez Vaca

queños canales a los cuales el autor de los proyectos designa en los planos como fosos, término utilizado en arquitectura militar, pero que en términos constructivos es sinónimo de acequia, siendo destacable el que las acequias cumplieran en este período histórico la función de protección militar, además del resguardo de la ciudad para vigilar el acceso a la misma y el cobro de impuestos.

Plano de puentes en la ciudad de México

Información basada en los siguientes planos: Plano de Pedro de Arrieta y los Maestros de la Arquitectura de 1737, Plano de José Antonio Alzate de 1772, Plano de Juan Manuel de Villavicencio de 1782, Plano de Diego García Conde de 1793 y Plano de Antonio García Cubas de 1881.

Comentarios finales

Uno de los principios fundamentales en la Conservación del Patrimonio Cultural Construído es el registro o catalogación, pues es un primer nivel con el cual se puede lograr la preservación de un patrimonio extinto o perdido,a través de mantener por medio de una memoria gráfica o escrita, el recuerdo o imagen de un pasadocolectivo y es esto precisamente lo que se pretende lograr con esta investigación, dar a conocer mediante el registro y ubicación de los puentes que existieron en la ciudad de México, para preservar la memoria histórica de la ciudad del entorno lacustre en el cual se encontraba inmersa,un patrimonio que no existe más y que es importante que no se olvide, pues el medio lacustre que fue borrado del entorno urbano de la ciudad, siempre reclama su territorio cuando las lluvias hacen presencia en las caóticas calles de esta capital mexicana. Sirva además el presente trabajo paradocumentar el sistema constructivo de los puentes, lo cual es trascendental para conservar a través del registro documental la historia de la ciudad, aportando a la vez conocimientos para las disciplinas del urbanismo y la arquitectura, así como a la historia de la construcción.



Figura 8.
Plano hipotético de la localización de los puentes de la Ciudad de México

Lista de referencias

Carballal, Margarita y Flores, María. 2004. Elementos hidráulicos en el lago de México-Texcoco en el Postclásico, *Revista Arqueología Mexicana* 12, 68: 31–32.

Cortés, Hernán. 2010. *Cartas de Relación*. México: Editorial Porrúa.

Cuevas, Francisco de. 1979. *Extracto de las diligencias y reconocimiento de los Ríos, Lagunas y desagües de la capital de México y su valle: de los caminos para su comunicación y su comercio*. México: SEFI.

Torre, Guadalupe de la. 1999. *Los muros de agua. El resguardo de la Ciudad de México, siglo XVIII.* México: INAH, GDF.

Galván, Mariano. 1998. *Ordenanzas de tierras y aguas*. México: Registro Agrario Nacional, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.

Hernández, Elsa Cristina. 2002. *La Acequia Real: Historia de un Canal de Navegación.* Tesis de Doctorado en Estudios Mesoamericanos, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.

Lombardo, Sonia. 1996. *Atlas Histórico de la Ciudad de México*. México: Smurfit Papel y Cartón de México, CNCA, INAH.

Musset, Alain. 1992. *El Agua en el Valle de México, siglos XVI–XVIII*. México: Pórtico de la Ciudad de México.

Palerm, Ángel. 1973. *Obras hidráulicas prehispánicas en el sistema lacustre del Valle de México*. México: SEP, INAH.

Tabla 1. Listado de puentes localizados en el mapa con el nombre del puente en el período virreinal	
1.- Puente de San Pablo	47.- Puente en la calle del Coliseo
2.- Puente de la Higuera	48.-Puente de Manzanares
3.- Puente en la Calle de la Higuera	49.- Puente sin nombre
4.- Puente de los Curtidores	50.- Puente del Fierro
5.- Puente del Blanquillo	51.- Puente de Balvanera
6.- Puente Colorado	52.- Puente de San Dimas
7.- Puente de Santiaguito	53.- Puente de la Aduana Vieja
8.- Puente de la Merced	54.- Puente de Monzón
9.- Puente sin nombre	55.- Puente sin nombre
10.- Puente de la Leña	56.- Puente sin nombre
11.- Puente de la Alhóndiga	57.- Puente de Leguisamo
12.- Puente de Solano	58.- Puente de Santo Domingo
13.- Puente de la Soledad	59.- Puente sin nombre
14.- Puente sin nombre	60.- Puente de la Misericordia
15.- Puente de San Lázaro	61.-Puente Quebrado
16.- Puente de San Antonio Tomatlán	62.- Puente sin nombre
17.- Puente en la calle de Cantaritos	63.- Puente sin nombre
18.- Puente sin nombre	64.- Puente sin nombre
19.- Puente Blanco	65.- Puente sin nombre
20.- Puente de Tezontlale	66.- Puente sin nombre
21.- Puente en el callejón del Carrizo	67.- Puente sin nombre
22.- Puente del Clérigo	68.- Puente sin nombre
23.- Puente de las Guerras	69.- Puente sin nombre
24.- Puente sin nombre	70.- Puente del Santísimo
25.- Puente del Zacate	71.- Puente de Peredo
26.- Puente de Villamil	72.- Puente del Salto del Agua
27.- Puente de San José Carbonero	73.- Puente sin nombre
28.- Puente de los Gallos	74.- Puente sin nombre
29.- Puente de la Mariscala	75.- Puente sin nombre
30.- Puente de Santa Isabel	76.- Puente sin nombre
31.- Puente de San Francisco	77.- Puente sin nombre
32.- Puente del Hospital Real	78.- Puente sin nombre
33.- Puente de Santa Ifigenia	79.- Puente sin nombre
34.- Puente sin nombre	80.- Puente sin nombre
35.- Puente de Jesús María	81.- Puente sin nombre
36.- Puente de Chiquis	82.- Puente sin nombre
37.- Puente sin nombre	83.- Puente sin nombre
38.- Puente del Correo Mayor	84.- Puente sin nombre
39.- Puente del Real Palacio	85.- Puente del Carmen
40.- Puente sin nombre	86.- Puente del Cuervo
41.- Puente sin nombre	87.- Puente de San Sebastián
42.- Puente sin nombre	88.- Puente sin nombre
43.- Puente sin nombre	89.- Puente de Garavito
44.- Puente de la Palma	90.- Puente del Pipis
45.- Puente del Espíritu Santo	91.- Puente sin nombre
46.- Puente en el Callejón del Espíritu Santo	

Rojas, Teresa y Sanders, William T. 1989. *Historia de la Agricultura, Época prehispánica siglo XVI*, Tomo II. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Sierra, Carlos Justo. 1973. *Historia de la navegación en la Ciudad de México*. México: Departamento del Distrito Federal.

Tovar, Guillermo. 1992. *La Ciudad de los Palacios; Crónica de un Patrimonio Perdido*. México: Vuelta.

Valero, Ana Rita. 1992. *La ciudad de México-Tenochtitlán su primera traza 1524–1534*. México: Jus.

Vetancourt, Agustín de; San Vicente, Juan Manuel de y Viera, Juan de. 1990. *La Ciudad de México en el Siglo XVIII (1690–1780) Tres Crónicas*. México: Dirección General de Publicaciones, CONACULTA.

Los Artificios de Juanelo. La principal infraestructura hidráulica del Renacimiento europeo

Xavier Jufre Garcia

Las obras hidráulicas Europeas más conocidas y divulgadas previas a la era del vapor y posteriores al imperio romano, son sin duda Marly en Versailles, La Samaritaine en París y las bombas de Londres.

Está documentada la existencia en el s. XVI, de una obra mecánica excepcional, considerada en muchos casos la principal infraestructura hidráulica Europea del Renacimiento, los artificios del agua de Toledo, diseñados y construidos por Juanelo Turriano. El primero de los dos artificios que existieron entró en funcionamiento el 1569, siendo ambos definitivamente desmantelados en 1640.

Nunca se ha conocido con certeza como era un artificio, pero gracias a descripciones y citas indirectas de cronistas y viajeros, se han elaborado varias conjeturas.

El objeto de la comunicación es situar los Artificios en la historia de la hidráulica, presentar sus prestaciones y soluciones mecánicas frente a las principales infraestructuras europeas más populares, presentar las conjeturas existentes que caracterizan los artificios y finalmente valorizar la más reciente: «Modelo con escaleras de Valturio», descrita en profundidad en el libro editado en diciembre de 2008 bajo el patrocinio de la Fundación Juanelo Turriano, el Col.legi Superior d'Enginyers Industrials de Catalunya, y la Universitat de Lleida, y descrita también en el dominio web www.artificiodejunaelo.org.

Las bombas de Peter Morice en Londres 1582

La ciudad de Londres se ha extendido junto el Támesis des de los tiempos antiguos. En la edad media ubicada en la orilla norte con el rio ejerciendo las funciones de barrera natural, tan solo sorteada por un único puente de madera. En 1176 se sustituye por una nueva construcción de piedra que se finaliza en 1209, de unos 290 metros de longitud descansaba sobre 19 arcos.

El Londres medieval se abastecía del Támesis y de las aguas freáticas del subsuelo, accesibles fácilmente con pozos de poca profundidad. El aumento de población en la ciudad asociado al vertido indiscriminado de residuos y aguas fecales, contaminan estos recursos hídricos favoreciendo la aparición de enfermedades y un ambiente insalubre generalizado.

A mediados del s. XIII, numerosos manantiales extramuros de aguas limpias, son conducidos a la ciudad. El paso del agua por las calles de la ciudad se realiza en conducciones que se ramifican y disponen de depósitos en sus puntos terminales, donde se instalan grifos para repartir agua de manera gratuita entre la población.

Con el paso del tiempo, se incorporan a los recorridos de los conductos, picages de agua para abastecer a particulares que pagan por este servicio.

El consumo de agua crece sin parar y aparecen las primeras restricciones de subministro para diversas industrias artesanales, que además deberán también abonar ciertas tasas municipales según su consumo,

básicamente cerveceros, pescaderos y todo el gremio de la transformación alimentaria. A partir de este momento se hace necesario disponer de un servicio de vigilancia en toda esta red de distribución para evitar hurtos y vandalismo.

Paralelamente al sistema de abastecimiento de agua de la ciudad existen los aguadores, agrupados en gremios llegaron a ser unos 4.000 a finales del s.XVI. Su actividad consistía en transportar agua des de las fuentes de la ciudad alimentadas con las conducciones o directamente del Támesis, a particulares i actividades que la requieran.

El crecimiento de la población en Londres fue tan desmesurado y la previsión municipal tan escasa, que eran frecuentes a mediados del s. XV altercados entre aguadores, peleándose por conseguir agua de las fuentes para sus clientes y no utilizar la del Támesis, muy contaminada y peor pagada.

En este entorno aparece Peter Morice, ingeniero holandés quien ofreció a la ciudad un ingenio capaz de elevar agua desde el Támesis, y sin la intervención de aguadores, ponerla a disposición de los clientes.

Para este fin, solicita en 1580 permiso para instalarse bajo el arco del puente de Londres más cercano a la orilla donde se ubican la mayor parte de los cerveceros, manipuladores de pescado e industria de ribera con una fuerte demanda de agua, que obtenían mediante aguadores o picages a las conducciones municipales ya muy sobreexplotadas.

Tras una demostración de las capacidades del ingenio hidráulico ante las autoridades londinenses, Peter Morice consigue un contrato de alquiler para establecerse en el arco deseado del puente de Londres. Poco tiempo más tarde, también es autorizado a ocupar el segundo y tercer arco.

El ingenio hidráulico está finalizado en 1582, y se mantiene operativo obteniendo beneficios por la venta de agua hasta 1666, en que todo Londres arde en un gran incendio que significa el final de la ciudad medieval de calles angostas y casas de madera densamente hacinadas entre ellas. La maquinaria de Peter Morice, de madera y conductos de plomo es una víctima más del fuego, quedando completamente destruida.

Gracias a un grabado de John Bate realizado en 1635, se conocen algunos detalles constructivos de las bombas.

Se observa un conjunto de 2 bombas de émbolo o ctesíbicas, movidas por una rueda hidráulica impulsada por el cauce del río. Dispone de un sistema de

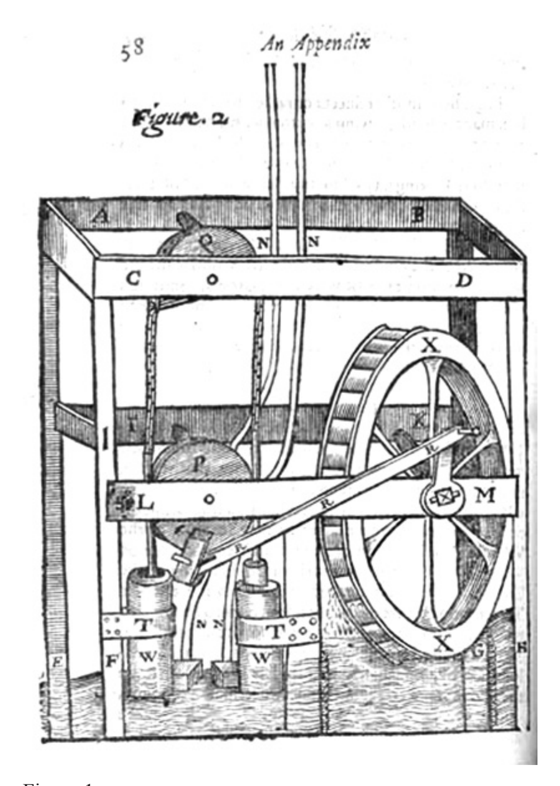


Figura 1
Bomba de Londres (Bate 1635)

transmisión biela-manivela para transformar el movimiento rotatorio de la rueda en un movimiento lineal de vaivén, necesario para accionar las bombas de émbolo.

Se estiman las prestaciones hidráulicas del bombeo en una presión cercana a los 2 bar y un volumen de agua trasegado de unos centenares de m^3/día.

La presión se valora gracias a la demostración hecha ante las autoridades, en que un chorro de agua logra superar la torre de la iglesia más cercana (Garnet 1922).

Al no existir aforos documentados, la estimación de caudal se basa en la tecnología existente en la época y sus limitaciones, tanto por lo que se refiere a materiales utilizados «básicamente madera», holguras y precisiones en la elaboración de las distintas piezas y en las posibles cadencias conseguidas con una rueda hidráulica parecida a la del gravado de John Bate.

Un nieto de Peter Morice construye un nuevo sistema de bombeo que continuará con mejores prestaciones el abastecimiento de agua interrumpido por el incendio de 1666, y que queda descrito en el grado de 1731 realizado por Henry Beighton. Consiste una evidencia de que la actividad había sido económicamente rentable.

La Samaritaine de París 1608

El abastecimiento de agua del París del siglo XVII era precario. Mayoritariamente provenía de manantiales que ofrecían agua a los ciudadanos en fuentes públicas, pero no alcanzaba a cubrir la demanda existente, haciéndose necesario el suministro con aguadores que cargaban sus cubos en un río Sena fuertemente contaminado de desperdicios y aguas fecales de la ciudad.

El monarca Enrique IV y la reina María de Médicis en época de Luis XIII, intentan poner remedio a esta situación a inicios del s. XVII, con la construcción del acueducto de Arcueil «1613–1623», y promoviendo la construcción de instalaciones de bombeo en el cauce del Sena.

El acueducto de Arcueil construido sobre las ruinas del antiguo acueducto romano de Rungis, aportaba a la ciudad unos 300m^3/día de agua (Pascal 1996), mediante fuentes públicas cerca del observatorio de París, aunque una proporción no determinada de este volumen se derivaba al suministro de agua del palacio real de Luxemburgo, actual sede del senado francés.

La primera instalación de bombeo Parisina fue conocida como La Samaritaine. Entro en funcionamiento el 1608 con el objetivo de suministrar agua del Sena principalmente a la población, los palacios del Louvre y las Tullerías con sus jardines.

El nombre de Samaritaine era debido al edificio que coronaba el bombeo sobre el puente, y donde vivían los mantenedores del ingenio. La fachada estaba decorada con un reloj carrillón y diversos motivos escultóricos, destacando el conjunto que evocaba el encuentro bíblico de Jesús con la samaritana, que terminó por dar nombre a la instalación.

El ingeniero Flamenco Gener Lintlaër, diseñó un conjunto de 4 bombas de émbolo que flanqueaban en grupos de 2 unidades, una rueda hidráulica movida por el rio Sena bajo el segundo arco del recién inaugurado Pont-Neuf, el primer puente de piedra de París. Considerado en su momento innovador por no estar ocupado por viviendas y disponer de grandes aceras para el paseo de los ciudadanos.

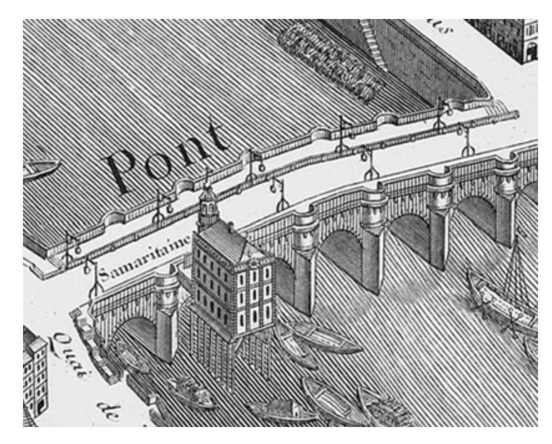


Figura 2
La Samaritaine (Turgot 1734)

Las prestaciones hidráulicas de la Samaritaine se estiman en:

> Presión de elevación próxima a 2 bar, debido a la proximidad y situación del lugar de suministro, como también teniendo en consideración la tecnología de la época que no permitía mecanizar piezas con tolerancias y holguras resistentes a presiones elevadas.
>
> Caudal próximo a los 500 m3/día (Pascal 1996). En 1670 la población de París cercana a los 500.000 habitantes, con los acueductos y bombeos de nueva construcción, disponía de una media de 6 litros/habitante.dia, 6 veces superior a la existente un siglo antes.

Todo el conjunto se encontraba firmemente sustentado por una estructura de pilotes de madera insertos en el cauce del río, tal y como se puede observar en el plano de París de Michel-Étienne Turgot de 1739, y en los croquis del arquitecto Robert de Cotte con motivo de las reparaciones realizadas durante el s. XVIII, que se conservan en la Biblioteca Nacional de París. En 1715 se sustituyen las bombas originales y en 1772 se reconstruyen los pilotes de madera que sustentan todo el ingenio.

La Samaritaine es definitivamente desmantelada en 1813. Su recuerdo ha dado nombre a unos grandes almacenes junto al Pont-Neuf, muy famosos a principios de s. XX, actualmente catalogados y protegidos gracias a su característica arquitectura, aunque permanecen en desuso, pendientes de remodelación.

La Maquina de Marly 1684

Los jardines del palacio de Versailles fueron diseñados por André Le Nôtre y dotados de unas dimensiones enormes. Su extensión cercana a las 800 hectáreas, contenían de forma diseminada numerosos juegos de agua, fuentes y lagos, con la intención de agradar al monarca Luis XIV.

Desgraciadamente Versailles no disponía de la ingente cantidad de agua requerida por sus jardines, con lo que el ministro y superintendente de finanzas reales Jean Baptiste Colbert se encargó personalmente de resolver tal asunto, confiando en una arriesgada propuesta del barón Arnold de Ville presentada en 1678.

En una ladera junto al río Sena al paso por Marly, en la localidad le Louveciennes a unos 12 km de París, se construyó un ingenio hidráulico capaz de elevar 5.000 m^3/día de agua a unos 165–170 metros de altitud, hasta coronar el monte más cercano tras recorrer 2 km de pendientes.

Desde este punto elevado y por gravedad mediante un acueducto, se conducía el agua hasta los jardines de Versailles, consiguiendo unas prestaciones y elevaciones hidráulicas jamás intentadas hasta el momento.

El mecánico y artesano Rennequin Sualem fue el encargado de tutelar la obra, que contó con recursos solo al alcance de un rey absolutista como Luis XIV.

Colbert ordenó desviar un tramo del Sena para conseguir un caudal lo más constante posible durante todo el año y alimentar sin variaciones el ingenio.

Se dotó el proyecto de los siguientes recursos:

17.000 es el número total de soldados que en algún momento a lo largo de la construcción de la máquina, el rey destinó para ejecutar la obra con la máxima celeridad.

8.000 son los operarios que trabajaron en la construcción de la máquina, y 1.800 el número máximo de ellos que intervinieron juntos.

100.000 toneladas de madera, 17.000 toneladas de acero y 800 toneladas de plomo además de otros materiales se utilizaron para realizar la obra, acueducto aparte.

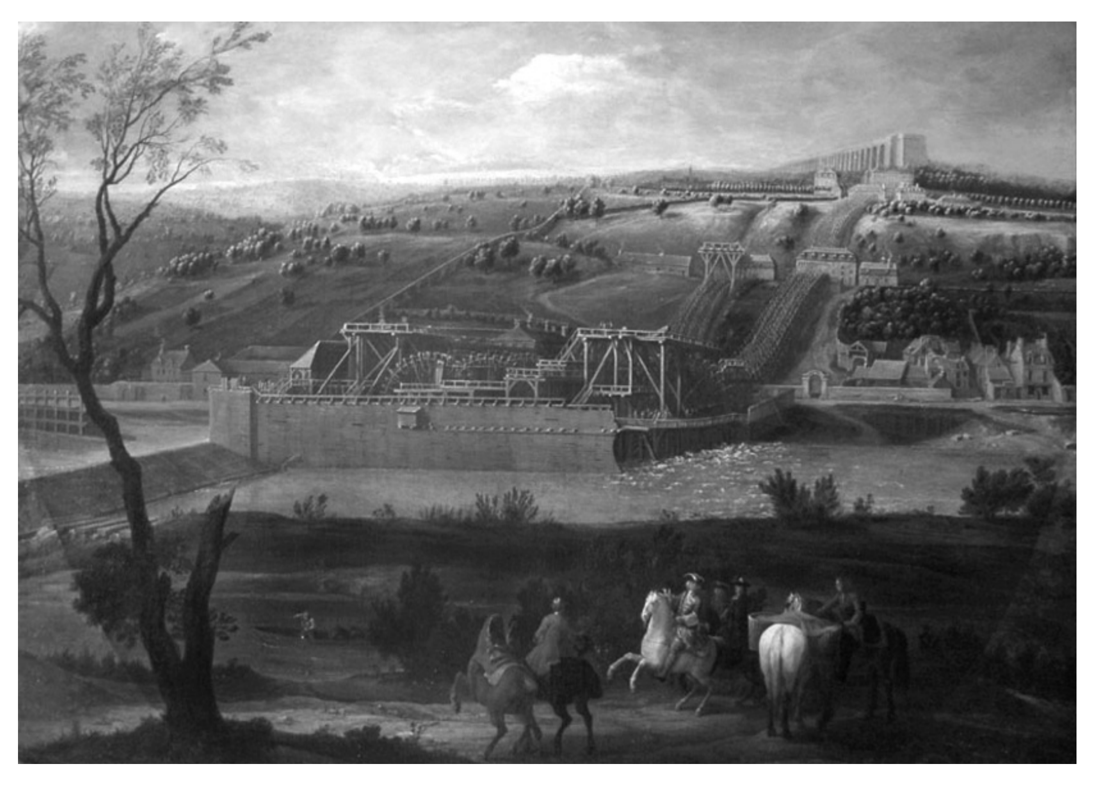


Figura 3
«Vue de la machine de Marly et de l'aqueduc de Louveciennes». P. Denis Martin le Jeune 1724

El corazón de la infraestructura era el primer tramo o «máquina de Marly» propiamente dicha. Consistía en la elevación del agua del río hasta coronar el monte, desde donde el suministro ya fluiría por gravedad utilizando el acueducto de Louveciennes hasta Versailles.

La máquina obtenía la energía para su funcionamiento con 14 ruedas hidráulicas de paletas de madera y 12 metros de diámetro, ancladas con pilotes también de madera dentro del cauce del río.

> 6 de estas ruedas accionaban 56 bombas de embolo de grandes dimensiones, y 6 líneas de «*caballetes*» de madera.
>
> 7 ruedas hidráulicas accionaban 14 líneas de «*caballetes*» de madera, a razón de 2 líneas por rueda.
>
> 1 última rueda accionaba 8 bombas de embolo de grandes dimensiones.

En total, las 14 ruedas hidráulicas de madera ponían en funcionamiento 64 bombas de émbolo i 20 líneas de «caballetes» de madera.

Se identifica como «Línea de caballetes de madera», a los entramados de piezas que se aprecian en los grabados de la máquina, y que dispuestos de manera continua sobre el terreno, permiten transmitir energía a larga distancia. Esta energía será utilizada para accionar otros grupos de bombas que se encontraran ladera arriba.

Aunque este tipo de transmisión está fuertemente penalizado por las pérdidas en fricciones entre piezas, es uno de los pocos sistemas conocidos en el s. XVII para transportar energía, y utilizado con éxito en el sector de la minería de Europa central, como por ejemplo en la región de Clausthal en la Baja Sajonia.

La tecnología del momento no permitía elevar el agua del río en una sola etapa de bombeo, y en Marly se usaban 3 etapas en serie.

Las 64 bombas de émbolo en el cauce del río, realizaban una primera elevación de 50 metros de desnivel, vertiendo el agua en depósito. En este punto, nuevas bombas de émbolo y utilizando la energía de 12 de las 20 «*líneas de caballetes»*, impulsaban de nuevo el agua del depósito venciendo un nuevo desnivel de 60 metros. A imagen del segundo tramo de elevación de agua, existía un tercero donde nuevas bombas de émbolo impulsadas por las «*líneas de caballetes*» restantes, remontaban un último desnivel de 60 metros más, situando el suministro de agua en lo alto de la ladera a pies del acueducto de Louveciennes.

El mantenimiento de la «máquina de Marly» era endemoniado. Cerca de 60 personas engrasaban y vigilaban el buen funcionamiento del ingenio. La multitud de fricciones entre las piezas móviles de las transmisiones de energía mecanizadas en madera, acaparaban este esfuerzo. Probablemente este factor es el respon-

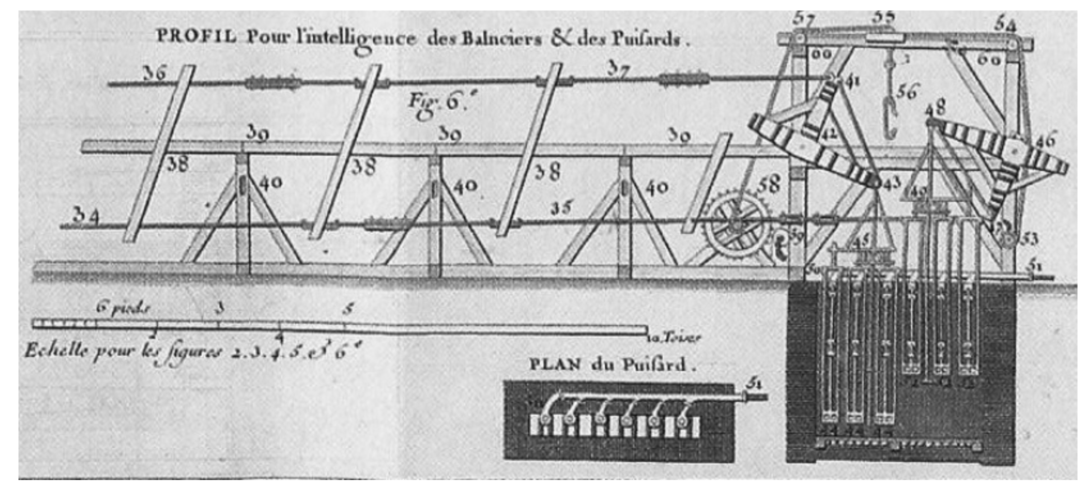


Figura 4
Transmisión de Marly (Jufre 2008)

sable de que la máquina vehiculara unos 3.200 m^3/día de media, inferior a los 5.000 proyectados.

La «*m*áquina de Marly» estuvo en funcionamiento 133 años des de su puesta en servicio. En 1817 fue sustituida por un ingenio de vapor de doble efecto tipo Watt de 64 cv de potencia, a su vez sustituido en 1858 por una nueva maquinaria hidráulica impulsada por el Sena, que se detuvo en 1893 debido a la gran contaminación del agua del río. En el año 1900 se activa de nuevo el suministro con bombas centrífugas eléctricas, que se mantienen operativas hasta el 1963, siendo desmantelado definitivamente en 1968.

Los Artificios de Juanelo 1569

Las 3 infraestructuras hidráulicas de elevación de agua más famosas de la edad moderna hasta la llegada de la máquina de vapor de Thomas Newcomen son, las bombas de Londres de Peter Morice (1582), La Samaritaine de París (1608) y la máquina de Marly de Versailles (1684). Todas ellas basadas en la utilización de bombas de émbolo, y en particular la máquina de Marly destaca por constar de 3 etapas de bombeo en serie, requiriendo de un sistema de transmisión de energía a distancia.

Han quedado en el olvido los Artificios de Juanelo Turriano en Toledo, que merecen ser considerados un referente de la ingeniería hidráulica por su particular diseño y por conseguir una elevación de 90 metros en un corto recorrido de 306 metros con un sistema sin presión. Supone superar una pendiente muy pronunciada resiguiendo la ladera entre el río Tajo y el Alcázar, consistente en multitud de trasvases de agua encadenados.

El primer artificio de los dos que existieron entró en servicio el 1569. El segundo en 1581. Ambos capaces de vehicular unos 17 m^3/día.

Planos constructivos de los Artificios

La ciudad de Toledo encaramada en lo alto de un montículo, necesitaba ser abastecida con numerosos aguadores o «azacanes» según la denominación común. Disponer de un abastecimiento continuo de agua era deseado tanto por las autoridades municipales, como por los responsables del Alcázar real.

Debido a numerosos intentos fallidos, las autoridades veían con recelo cualquier nueva propuesta de bombeo de agua del río. Juanelo recurrió a la presentación de una maqueta para convencer a las autoridades en 1565, pero no obtuvo dotación económica para la totalidad del proyecto, con lo que corrió por su cuenta y riesgo con la mayor parte de los costos de un primer artificio, que en teoría les serían rembolsados posteriormente con creces, gracias a la concesión por la venta del agua trasegada.

Posiblemente la presentación de la maqueta en sustitución de los habituales planos constructivos, al ser el propio Juanelo el promotor de la obra y el deseo de salvaguardar el secreto de la mecánica del

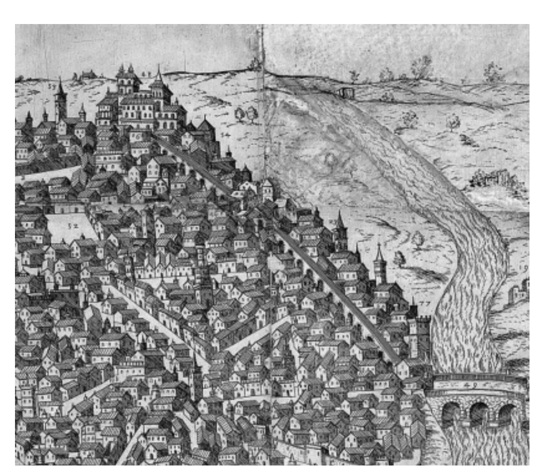


Figura 5
Vista de Toledo. Artificios en negrilla (Brambilla 1585)

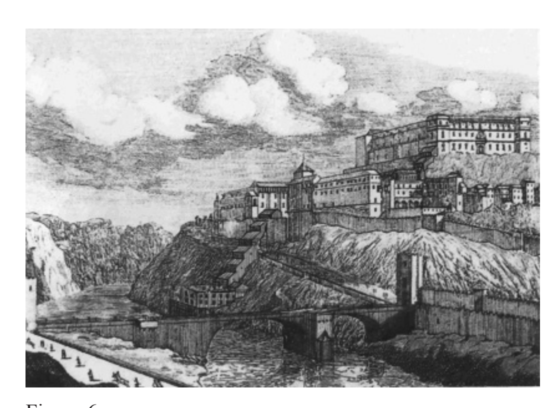


Figura 6
Artificios y puente Alcántara de «*Las Delices de l'Espagne et du Portugal*» de 1707. Artificios en negrilla (Domínguez 2002)

funcionamiento, provocaron que no haya llegado hasta nuestros días ningún documento explicito que describa con esquemas técnicos los artificios.

Descripciones de los Artificios

Existen numerosas descripciones de cronistas, viajeros… de la época, que plasman sus impresiones referentes a los artificios, aunque cabe indicar que estos ingenios se hallaban ocultos en el interior de edificaciones que los protegían de la intemperie, los hurtos de materiales valorables, y al mismo tiempo de la visión de los ciudadanos.

Los artificios estuvieron funcionando y siendo mantenidos por su creador hasta su muerte.

Sabemos que basados en la «escalera de Valturio», requerían de engrase y cuidados continuos (Morales 1577).

También se conocen todas las penurias económicas que sufrió Juanelo debido a los impagos de los representantes municipales, y que le llevaron a la ruina. Probablemente estas dificultades económicas entorpecieron el mantenimiento necesario del primer artificio, que en 1579 necesitó reponer una gran cantidad de piezas, la mayoría de madera.

Tras la muerte de Juanelo en 1585, la conservación de los Artificios quedó bajo custodia de un nieto suyo que muere en 1587, encargándose entonces el mantenimiento a Juan Fernández del Castillo.

La complejidad de los mecanismos y la dificultad que conllevan sus reparaciones, provocó que en el año 1600 Juan Fernández del Castillo proponga construir un nuevo ingenio basado en bombas de émbolo.

Construye a su costa un primer tramo a orillas del Tajo, que remonta la ladera adosado a las paredes exteriores de los Artificios de Juanelo. Terminado en 1602, se mantuvo en fase de pruebas hasta el 1605.

Castillo deseaba encadenar varias elevaciones de agua hasta el Alcázar, utilizando como fuente de energía para mover las bombas, la transmisión de «líneas de caballetes» parecida a la que más tarde se uso en la «máquina de Marly», construida por Juanelo para mover todo el entramado de piezas de sus artificios.

En 1605 el primer artificio de Juanelo estaba ya fuera de servicio y amenazaba ruina.

Tras numerosos informes sobre la conveniencia de este nuevo ingenio de Castillo, el rey Felipe III autoriza su construcción en julio de 1606, aprovechando

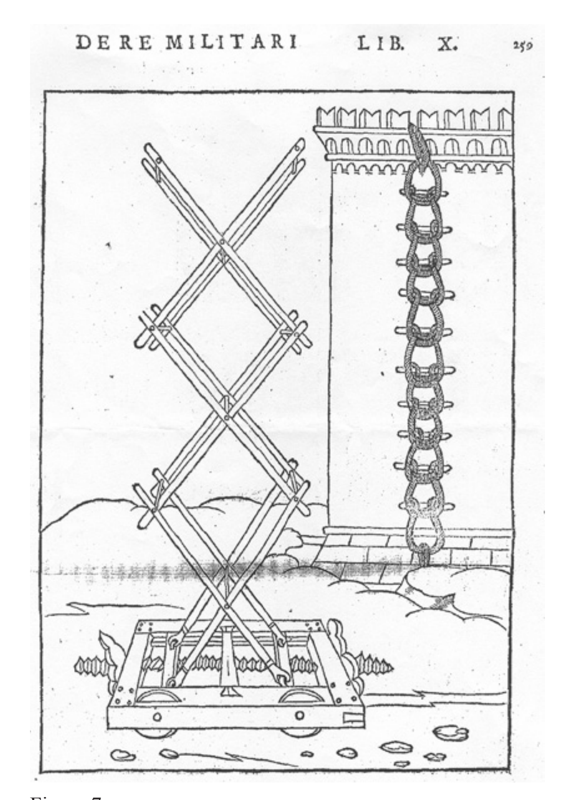


Figura 7
Escalera de Valturio (Valturiumi 1483)

todos los materiales útiles del primer artificio de Juanelo.

En 1624 se detiene el segundo Artificio de Juanelo, que tras años de abandono y hurtos de piezas, termina desmantelándose en 1640.

Analizada la vida de los Artificios, se concluye que todas las descripciones y crónicas referentes a ellos, deben separarse en 2 grandes bloques.

Los anteriores a 1602–1604. El cronista no puede confundirse con el ingenio de Castillo, visible por estar ubicado a la intemperie y no en el interior de edificios de obra como los de Juanelo.

Los principales documentos son:

Ambrosio de Morales, cronista real y amigo de Juanelo a quien mostro el artificio en persona, *Las Antigüedades de las ciudades de España. Que van nombradas en la crónica con las averiguaciones de sus sitios y nombres antiguos, que escribía.*, publicado en 1577.

Jehan Lhermite, cortesano real que visitó distintos lugares entre ellos Toledo en 1591, 1596 i 1600, y que estuvo indagando el funcionamiento y solicitando planos de los artificios, publicando sus impresiones en *Le passetemps de Jehan Lhermite, depuis son voyage d'Espagne*, publicado 1890–1896.

El Greco, *Vista y plano de Toledo,* pintado en la primera década del s. XVII. Aparece un plano de Toledo con una traza continua por donde circulan los Artificios. Actualmente en el Metropolitan de Nueva York.

En los documentos posteriores a 1602–1604, el cronista puede estar describiendo el ingenio de Castillo.

El principal documento es:

El relato de Manuel Severim fechado en 1604, quien con 21 años se alojó en Toledo durante 4 días, siendo su estancia un alto en el camino de la peregrinación al Monasterio de Guadalupe para dar gracias a la virgen por la reciente remisión de la epidemia de peste que había azotado la ciudad de Évora. Titulado *Peregrinaçao de Baltasar de Faria Severim, Chantre de Evora, ao Mosterio de Guadalupe, no anno de 1604*, aparece un leve esquema que muy probablemente sea una primera elevación del ingenio de Castillo a orillas del Tajo previa a las bombas de émbolo, ya que ofrece grandes contradicciones con la descripción detallada de Ambrosio de Morales. Muestra un ingenio de concepción mecánica muy simple, excesivamente alejada de la gran complejidad que afirman Ambrosio de Morales, Jehan Lhermite y casi todos los demás cronistas, siendo uno de los principales rasgos diferenciales de los Artificios respecto de los demás bombeos que existieron hasta la llegada de la máquina de vapor de Newcomen.

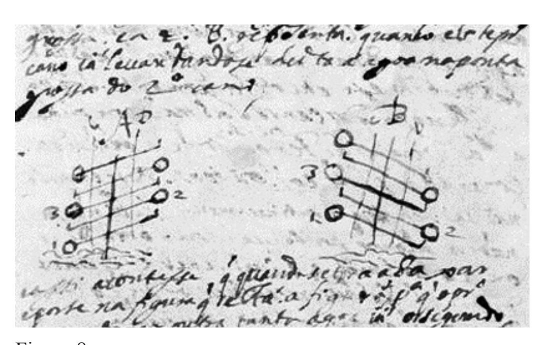


Figura 8
Esquema de M. Severim (Jufre 2008)

Existe también un documento conservado en el archivo de Simancas, sin fecha ni autor conocido, en el que se representa un croquis muy básico y elemental sin valor técnico, correspondiente a una elevación por etapas. El trazo es muy parecido a representaciones medievales. Al estar conservado en un legajo con otros documentos Toledanos fechados en 1561, en ocasiones se ha relacionado con los Artificios, pero la opinión predominante tal y como cita N. García Tapia: *Desde luego no se trata de los ingenios construidos en años posteriores por Juanelo Turriano –al contrario de lo que se ha dicho– con los que no corresponde en absoluto* (García 1990).

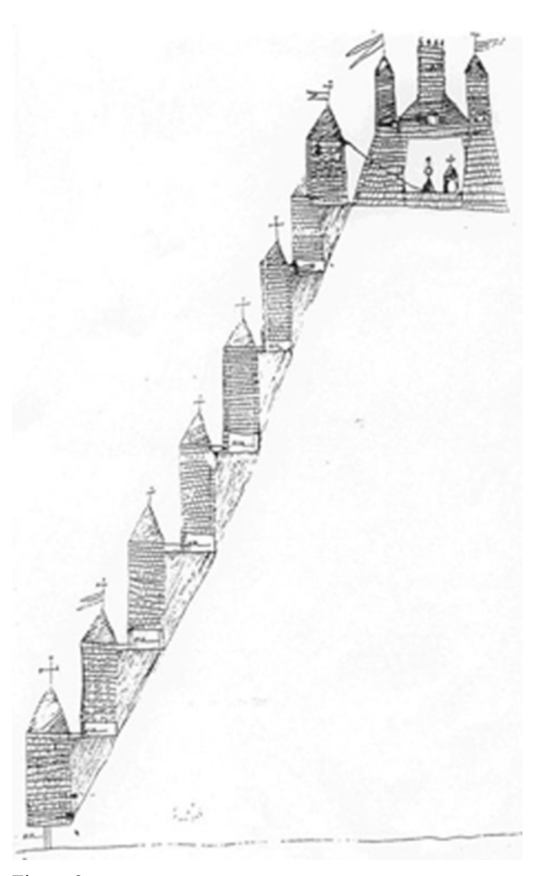


Figura 9
Esquema de 1561 (Jufre 2008)

Conjeturas sobre el diseño de los Artificios

Las principales características de los Artficios basado en los documentos y descripciones conservadas, y que debe contener cualquier conjetura consistente:

Son conjuntos de piezas continuos. Así se aprecia en los principales gravados de Toledo de la época y en las descripciones de los cronistas, que no identifican torres separadas entre ellas.

Es una estructura mecánica compleja. A modo de ejemplo Jehan Lhermite cita: « […] difícilmente es posible comprender el artificio, industria e invención de este ingenio sin ver una representación suya. [...] me escribió en una breve nota que me envió en la que me decía en sustancia que para dar a entender bien y explicar cabalmente el misterio de este ingenio sería necesario en primer lugar hacer un libro lleno con las diferentes representaciones y que después todavía, para dar aún inteligencia más viva de ello, sería menester componer varias maquetas de madera, puesto que –me escribió– no hay en el mundo hombre capaz de comprender lo que es este ingenio por una sola representación».

Están basados en la «escalera de Valturio». Ambrosio de Morales lo indica textualmente en su descripción.

Necesitan estar dotados de una transmisión parecida a la de la máquina de Marly, para poder accionar todos sus elementos repartidos por todo el trayecto de elevación.

Figura 11
Torres oscilantes (García 1990)

Debe cumplir las prescripciones indicadas en la descripción de Ambrosio de Morales, referentes a la disposición, funcionamiento y cadencias de los cazos de trasvase de agua.

Desde la desaparición de los Artificios hasta nuestros días se han contabilizado las siguientes conjeturas:

Luís de la Escosura y Morrogh (1888), también defendida por Theodor Beck (1899).

Ingenio continuo basado en la lámina nº. 95 de *Le diverse et artificiose machine* de Agostino Ramelli (París 1585). Descrita en *El artificio de Juanelo y el puente de Julio Cesar* (Escosura 1888).

Ladislao Reti (1967). Ingenio discontinuo basado en la lámina nº. 96 de *«Le diverse et artificiose ma-*

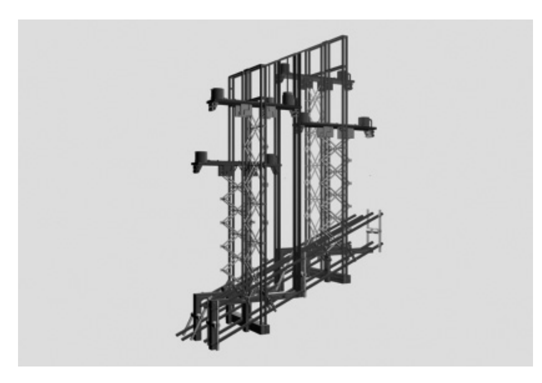


Figura 12
Modelo con escaleras de Valturio. Unidad básica repetitiva (Jufre 2008)

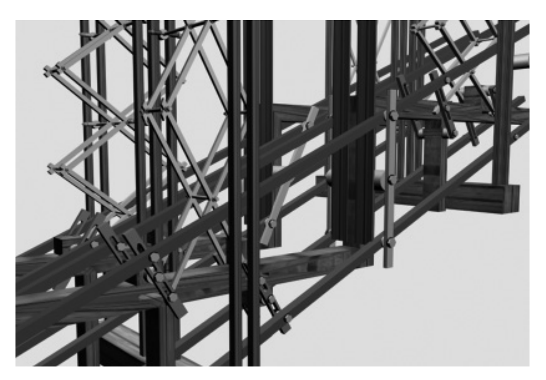


Figura 13
Modelo con escaleras de Valturio. Detalle Transmisión (Jufre 2008)



Figura 14
Modelo con escaleras de Valturio. Detalle grupos de trasvase de agua (Jufre 2008)

chine» de Agostino Ramelli, (París 1585). Posteriormente modificada por N. García Tapia y asociada al relato de Manuel Severim, hallado en la década de los 80 del s. XX. Conocida como *«Modelo de Torres Oscilantes»*. Descrita en la conferencia que el Doctor Ladislao Reti pronunció en la Casa de la Cultura de Toledo, el 15 de julio de 1967 (Porres 1987).

J.L. Peces Ventas (1987), construyendo la maqueta actualmente expuesta en la Diputación de Toledo referente a la conjetura de Reti, advierte que su concepción ofrece muchas lagunas de interpretación de las crónicas históricas, en especial la de Ambrosio de Morales. Propone un ingenio continuo del que construye una maqueta actualmente expuesta en el Centro de Interpretación del Toledo Histórico, en Toledo. Existe unidad de criterios en desestimar las soluciones técnicas que presenta.

Xavier Jufre Garcia (2008). Ingenio continuo basado en la «escalera de Valturio», la transmisión con «líneas de caballetes» y el trasvase de agua adaptándose especialmente a lo indicado en la descripción de Ambrosio de Morales referente a los trasvases de agua, mecanismos y cadencias. Utiliza como referentes mecánicos de algunas de las soluciones constructivas, los sistemas de relojería del *Astrario* de Giovanni di Dondi, reparado por Juanelo Turriano para Carlos V. Conjetura conocida como «Modelo con Escaleras de Valturio». Descrita en *El Artificio de Juanelo Turriano para elevar agua al Alcázar de Toledo (s.XVI). Modelo con Escaleras de Valturio* (Jufre 2008). También se halla en el dominio web www.artificiodejunaelo.org

Conclusiones

Junto a las elevaciones de agua europeas más famosas previas a la llegada del vapor, Peter Morice en Londres (1582), La Samaritaine en París (1608) y la máquina de Marly en Louveciennes (1684), cabe incluir los dos Artificios de Juanelo Turriano en Toledo (1569, 1581).

Destacan por conseguir una elevación de 90 metros, utilizando un método de trasvase de agua sin presión totalmente distinto de las bombas de émbolo usadas en los demás grandes bombeos.

La compleja concepción mecánica de los Artificios, unida a la no existencia de planos que los definan, ha generado la elaboración de distintas conjeturas basadas en las descripciones de cronistas y viajeros. De todas ellas, la que se ajusta mejor a los documentos históricos, especialmente a las indicaciones publicadas por Ambrosio de Morales en 1577, amigo de Juanelo Turriano a quien este le mostró el primer Artificio en persona, es el *Modelo con escaleras de Valturio*, publicado en 2008.

La conjetura de las «Torres Oscilantes» expuesta en 1967, aun presentando lagunas e indefiniciones respecto de los textos históricos, en especial a los anteriores a 1604, sigue manteniéndose como referente en numerosos ámbitos académicos. Seguramente debido a la importancia de su creador, el reconocido Leonardista Ladislao Reti, partícipe en la publicación de los códices Madrid de Leonardo da Vinci, hallados en 1967 en los fondos de la Biblioteca Nacional.

Referencias

Bate, John. [1634] (1635). *The Mysteris of Nature and Art. The Second Booke.* 2nd ed. London. Printed by T. Harper.

Brambilla, Ambrogio. (1585) Vista de Toledo. Madrid Biblioteca Nacional de España. http://bdh.bne.es.

Domínguez, L.M. , Alguacil San Félix F.J. y Alguacil San Félix, P. (2002). *El Toledo Invisible.* Toledo. Antonio Pareja Editor.

Escosura Morrogh, L. (1888). El artificio de Juanelo y el puente de Julio Cesar. *Memorias de la Real Academia de ciencias exactas, físicas y naturales de Madrid.* Tomo XIII, parte 2ª.

García Tapia, N. (1990). *Ingeniería y arquitectura en el Renacimiento Español.* Valladolid. Universidad de Valladolid-Caja de ahorros de Salamanca.

Garnet, William. (1922). *A Little book on water supply.* Cambridge. Cambridge University Press.

Jufre Garcia, F. Xavier. (2008). *El Artificio de Juanelo Turriano para elevar agua al Alcázar de Toledo (s.XVI). Modelo con Escaleras de Valturio.* Lleida. Ed. Milenio.

Kiaulehn, Walther. [1941] (1959). Los Ángeles de Hierro, 2nd ed. Barcelona. Ed. Labor.

Lhermite, Jehan. (2005). *El pasatiempos de Jehan Lhermite. Memorias de un Gentilhombre Flamenco en la corte Felipe II y Felipe III.* Aranjuez. Ed. Doce Calles.

Morales, Ambrosio. (1577). *Las Antigüedades de las ciudades de España. Que van nombradas en la crónica con las averiguaciones de sus sitios y nombres antiguos, que escribía.* Alcalá de Henares. Casa de Juan Iñiguez de Lequerica.

Moreno Santiago, A y Moreno Nieto, L. (2006). J*uanelo y su artificio*. Antología. Toledo. Ed. D.b. Comunicación.

Pascal Husson, Gilles. (1996).Historique de l'alimentation en eau potable de la ville de Paris. *Journal européen d'hydrologie* Vol. 27, nº2.

Porres, J. (1987). El Artificio de Juanelo. Conferencia que el doctor Ladislao Reti de la Universidad de Los Ángeles pronunció en la Casa de la Cultura de Toledo el día 15 de junio de 1967. Toledo. *Revista Estudios Toledanos, S.VI,* Vol.47.

Turgot, Michel-Étienne. (1734). *Plan de Turgot.* París Biblioteca National de France. http://gallica.bnf.fr.

Valturiumi, Robertum. (1483). *RE MILITARI. Libris XII.* París. (Real Biblioteca del Monasterio de San Lorenzo del Escorial).

La evolución de la producción del yeso tradicional hasta los años 70 del siglo XX en Gestalgar, Valencia (España)

Vincenzina La Spina
Carles Jordi Grau Giménez

El yeso es un material histórico muy presente en la arquitectura vernácula española y no solo en multitud de detalles decorativos y revestimientos interiores, sino también en muy variados elementos constructivos, como muros, forjados, cubiertas, etc. donde ha desempeñado un papel protagonista y en algunos casos incluso estructural. Su vasto y variado uso está determinado por la abundancia de yacimientos yesíferos, situados principalmente en la mitad oriental de la península, pero sobre todo por su fácil extracción, transformación y puesta en obra, así como por su bajo coste de producción en comparación con otros materiales tradicionales.

La localidad de Gestalgar (España) está situada a escasos 50km al noroeste de la ciudad de València y a tan sólo 25km de Llíria, en la comarca de Los Serranos (figura 1). En ella hasta los años 70 del siglo XX se ha producido de forma tradicional yeso en polvo. Por ello, en su término municipal aún quedan vestigios de las construcciones históricas en las que se ha desarrollado esta actividad y que son un fiel reflejo de la evolución que este proceso ha sufrido con el paso del tiempo, pero también de los diversos usos que el yeso ha tenido en su arquitectura vernácula.

Así pues, el objetivo del artículo[1] es dar a conocer la producción histórica del yeso tradicional en Gestalgar desde su extracción hasta su transformación en polvo. En concreto, prestando especial atención a la localización de las principales canteras explotadas y sobre todo a la descripción de los hornos existentes y del resto de construcciones vinculadas con el proceso así como las técnicas constructivas asociadas con el yeso. De este modo, se pretende comprender mejor las características y propiedades específicas de este material tradicional, dejando constancia de un patrimonio arquitectónico a punto de desaparecer y que es clave en la evolución de la historia de la construcción en España.

Los recursos yesíferos de Gestalgar: tipología y características

Geológicamente, el yeso que se encuentra en Gestalgar pertenece a la serie del Keuper del sistema Triásico, y se caracteriza básicamente por estar acompañado por arcillas abigarradas, por lo que presenta unos tonos rojizos. Concretamente, según la memoria correspondiente a la hoja de Llíria del mapa geológico de España a escala 1:50.000 del Instituto Geológico y Minero de España redactada en 1982: «La litología presente, está constituida por arcilla margosas versicolores con lamas de yeso rojo y verde, gruesos paquetes de yeso gris (0,20–0,70m) y areniscas rojas y blancas» (VV. AA. 1982, 7). Y, especifica: «En cuanto a los yesos estratiformes y que han sido (o son) explotados, hay numerosas canteras situadas principalmente en Gestalgar y al sur de Llíria y de Vilamarxant. Cuando los yesos son rojos, es frecuente hallar cuarzos hematoideos de neoformación (Jacintos de Compostela); no sucede igual cuando el color es otro cualquiera» (VV. AA. 1982, 7). Además, se



Figura 1
Plano de situación de Gestalgar en la provincia de Valencia (Grau, 2017)

apunta que la actividad minera dentro de la hoja quedaba limitada a la explotación de canteras de yeso en Vilamarxant, Gestalgar y Ribarroja, cuya extracción estaba prácticamente abandonada o su actividad era de carácter esporádico debido, sobre todo, a la existencia de potentes centros industriales próximos, que monopolizaban la producción y comercialización (VV.AA. 1982, 28).

Las canteras explotadas en Gestalgar: tipología y localización

La explotación minera se ha realizado en las zonas del término municipal con presencia de afloramientos de yeso y mediante una extracción a cielo abierto en canteras, posible gracias a la localización superficial del yeso. Esta tipología de explotación, a su vez, es la más frecuente, sencilla y menos peligrosa, además de la más económica.

Históricamente, durante la Edad Media en la provincia de València, gracias a los fueros otorgados por el rey Jaume I en 1239 había plena libertad de explotar canteras relacionadas con materiales cuyo destino fuera la construcción de edificios (La Spina, Mileto y Vegas 2016, 49). Con posterioridad, según la ley de Minas de 1859, reformada en 1868 y su reglamento, el dueño del terreno donde había una explotación minera era el dueño de la misma y no debía pagar por la extracción de las rocas o minerales. Por ello, durante siglos se han estado explotando canteras de yeso cuando había una necesidad y sin que apenas haya quedado constancia escrita en las numerosas publicaciones históricas sobre minería o en los censos de la Estadística Minera, que se redactan desde 1861. Es decir, sin que se solicitaran las oportunas licencias o concesiones de explotación (La Spina et al. 2014, 414–415). Incluso los informes de la estadística minera de los años 40 del siglo XX ponen de manifiesto este hecho especificando que, en general, en la provincia de València las canteras que se trabajan eran indudablemente superiores en número a los datos que se tenían, ya que al no ser objeto de concesión, su diseminación y difícil control impedían tener un conocimiento exacto de estas explotaciones (VVAA 1943, 502). No obstante, en 1943 se autorizan 9 canteras de yeso en la provincia (VVAA, 1943, 503) y en los años sucesivos se registra un aumento significativo de las explotaciones de aljez, apareciendo incluso en los informes un apartado específico dedicado a las yeserías, ya que se instalan numerosas fábricas a pie de cantera (VVAA 1950, 418).

En relación a las canteras históricas explotadas en Gestalgar, se han obtenido datos más precisos en la Sección de Minas de la Conselleria de Economía Sostenible, Sectores Productivos, Comercio y Trabajo de la Generalitat Valenciana, en concreto en los libros de canteras que recogen las concesiones mineras otorgadas en la provincia de València desde el 1900 hasta el 2000 (tabla 1).

Según los datos obtenidos, la gran mayoría de las explotaciones no se consolidaron, es decir, su derecho minero no se renovó tras la entrada en vigor del nuevo reglamento minero de 1978, por lo que probablemente se abandonó su explotación gradualmente a partir de esta fecha o incluso con anterioridad.

Por último, las canteras explotadas en Gestalgar se sitúan en dos zonas concretas del término municipal: los «Yesares» y el «Barranco Escoba» (figura 2). La primera, está más próxima a la población y corresponde con los parajes de la Carretera, los Yesares y los Corrales. En esta zona, con toda seguridad la extracción de yeso se ha realizado desde tiempos inmemoriales y se aprecian varios frentes de canteras, al menos tres diferentes, explotados por diversas personas de la localidad (figura 3). En cambio, en la segunda, que se sitúa más alejada, su explotación empezó a partir del permiso solicitado por José Belenguer Suay en 1959.

Nombre de la explotación	Núm. Exp.	Paraje	Explotador	Fecha de la autorización	Observaciones
Asensio	304	Partida de la carretera	Asensio Ortiz Gabriel	07/07/1950	Baja
Sin nombre	461	Los Yesares o Extramuros	Felipe Cervera Tárrega	24/11/1954	Pasó a José García Jorge en 21/02/1957. No consolidó
Los Yesares	495	Los Yesares	Lino Sánchez Tárrega	22/09/1956	No consolidó
Los Corrales	592	Los Corrales	Ansensio Ortíz Gabriel	10/02/1959	No consolidó
Barranco Escoba	617	Barranco Escoba	José Belenguer Suay	26/06/1959	Se le autorizan 3 hornos a pie de cantera. No consolidó
Yesares	655	Yesares	José Causera Yuste	31/05/1960	Se le autoriza fábrica de yeso en 17/06/1960 No consolidó
Barranco Escoba	807	Barranco Escoba	Salvador Navarro Ripoll (Ribarroja del Turia)	30/05/1966	No consolidó
Dehesa	843	Dehesa	Salvador Navarro Ripoll (Ribarroja del Turia)	01/09/1967	No consolidó
Los Corrales	1053	Los Corrales	Vicente Cañigral Gilabert (Alborache)	11/10/1976	1980: oficio solicitando baja 25/11/1982: caducidad

Tabla 1
Explotaciones de yeso en Gestalgar según los registros de la Sección de Minas de la Generalitat Valenciana.

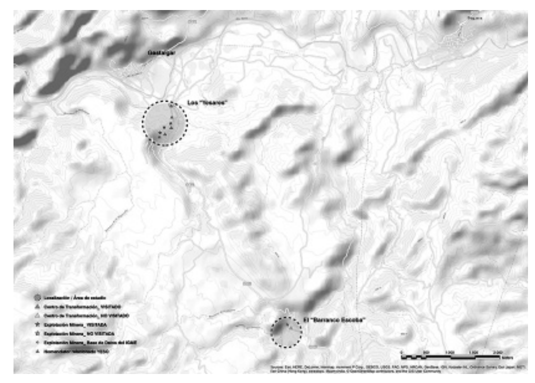


Figura 2
Localización de las canteras y los centros de transformación de yeso en Gestalgar (Grau, 2017)


Figura 3
Cantera histórica de yeso en los Yesares de Gestalgar (Grau y La Spina, 2017)

La producción tradicional del yeso en polvo en Gestalgar

El yeso en polvo tradicional es aquel que se ha obtenido, mediante la calcinación discontinua del aljez en hornos muy similares a los hornos de cal, aunque de menores dimensiones, es decir en hornos tipo cuba situados normalmente cerca de las canteras o de las obras aprovechando un desnivel del terreno (Sanz 2007, 77). En ellos, la piedra de aljez se dispone creando una falsa cúpula o bóveda que permite alojar debajo el combustible y amontonar encima la piedra a calcinar. Tras la calcinación se efectúa la molienda, de forma manual o con la ayuda de fuerza animal en eras o molinos de piedra hasta la aparición de trituradoras movidas por motores. Por

último, se realiza el cribado del producto obtenido para convertirlo en un polvo más refinado y así almacenarlo y distribuirlo.

En España, pese a los avances científicos que se producen a partir de los siglos XVIII y XIX que permiten un cambio tecnológico y suponen la transformación de los sistemas de producción de muchos materiales conglomerantes, se siguió manteniendo, en el caso del yeso y principalmente en zonas rurales, una industria artesanal. Por ello, ha existido una convivencia prolongada de los dos tipos de yesos (Villanueva 2004, 8), el industrial y el artesanal, hasta casi los años 80 del siglo XX como ha ocurrido en Gestalgar. En su término municipal, a día de hoy, quedan restos de 6 puntos de transformación cuya singularidad radica en que son diferentes construcciones donde se ha producido el yeso de forma artesanal, pero con diferentes grados de industrialización hasta aproximadamente finales de los años 70 del siglo XX.

Atendiendo a la información que recogen las Estadísticas Mineras en los años 40 del siglo XX en la provincia de València la fabricación del yeso se realizaba en pequeñas fábricas, algunas muy rudimentarias, pero con valores significativos de producción (VVAA 1945, 598). Progresivamente, al igual que aumentan las canteras explotadas, también lo hacen las fábricas instaladas a sus pies y la instalación de motores eléctricos en casi la totalidad de las fábricas de yeso registradas de la provincia (VVAA 1957, 290). Así pues, a partir de los años 60 del siglos XX las nuevas fábricas que se abrían seguían teniendo hornos de cuba de tipo corriente con capacidad de 12 a 18 toneladas, pero ya trituradoras de martillos accionadas por motores eléctricos (VVAA 1962, 269). La modernización de esta industria era complicada debido a la multitud de pequeñas fábricas de tipo familiar y al trabajo intermitente que en ellas se daba, por lo que no se tenían los medios económicos para hacer frente a esta (VVAA 1965, 245), sin embargo, aquellas que lo lograban provocaban el cierre de las pequeñas fábricas, aunque seguían existiendo las de tipo familiar (VVAA 1967, 257).

En Gestalgar, las zonas de producción del yeso en polvo coinciden con las zonas de extracción del material (figura 2), por lo que destaca principalmente el paraje de los Yesares por la existencia de diversos hornos y fábricas además de la zona del Barranco Escoba donde en 1959 se le autorizó a José Belenguer Suay la construcción de 3 hornos a los pies de la cantera. En el paraje de los Yesares, según el Plano Geométrico Geográfico de su término municipal firmado en febrero de 1907 levantado a escala 1:25.000, aparecen señaladas tres yeseras junto a diversos corrales. Este es el dato histórico más antiguo que se ha encontrado sobre la producción del yeso en Gestalgar, hasta el momento, ya que en los registros de los pagos por las actividades comerciales realizadas en la provincia a la Cámara de Comercio y consultados desde 1913 hasta 1980 en el Archivo Histórico de la Comunidad Valenciana no es hasta el 1932 que figura la venta de yeso en Gestalgar.

A continuación, se describen con detalle las construcciones existentes en el término municipal de Gestalgar:

Horno de Basinto – Paraje Yeseras

Probablemente, se trate de unas de las construcciones más antiguas relacionadas con la producción de yeso en Gestalgar, pero lamentablemente, en la actualidad el antiguo horno ha sido transformado en una caseta de aperos, perdiendo por completo su configuración, permaneciendo en pie tan sólo una pequeña parte de éste. Se encuentra a escasos metros de la cantera, antiguamente se realizaba la molienda y cribado de la piedra calcinada en una era contigua que ha sido convertida en campo de cultivo.

Hornos de José Belenguer Suay 1 – Paraje Yeseras

Se trata de dos hornos, uno de ellos derrumbado, que se encuentran semienterrados en la ladera de una colina cercana a las canteras de yeso, que se construyeron a principios de los años 60 del siglo XX. La construcción es de muros de mampostería de 0,60 metros de espesor reforzada con dos grandes contrafuertes en la zona frontal, flanqueando el acceso. Los hornos son de sección cilíndrica, con diámetros de 3 y 2,80 metros, el menor aún se conserva en pie con una altura interior de 2,50 metros y una entrada frontal de 0,90 metros de anchura y 1,55 metros de altura rematada con un dintel de arco apuntado también de mampostería (figura 4).



Figura 4
Hornos dobles con contrafuertes (Grau y La Spina, 2017)

Hornos de José Belenguer Suay 2 – Paraje Yeseras

El conjunto está compuesto por un grupo de tres hornos de yeso, tangentes y semienterrados en la ladera que se levantaron poco después de los anteriores, también muy cerca de la cantera de yeso. Se trata de una construcción de mampostería, en los que los hornos son de sección cilíndrica de 2,60 metros de diámetros los situados en los extremos y de 2,80 metros el central y con una altura variable de 2,30–2,40 y 2,20 metros. Cada uno presenta una abertura frontal con arco rebajado de mampostería y reforzado interiormente en algunos casos con viguetas de hormigón o pletinas metálicas. Además, a los pies de las entradas de los hornos existía un muelle de carga del que sólo se conserva parcialmente un muro de piedra en seco y el desmonte que permitía la carga del aljez



Figura 5
Hornos triples de José Belenguer Suay (Grau y La Spina, 2017)

calcinado en los camiones para su posterior molienda en la cercana localidad de Chiva (figura 5).

Fábrica de Felipe Cervera Tárrega - Paraje Yeseras

Esta industria de yeso aparece gestionada por Felipe Cervera Tárrega según los registros de la Cámara de Comercio desde el año 1941 hasta enero de 1966.

Se trata de un complejo de transformación del yeso compuesto por tres hornos agrupados y tangentes junto a los cuales se levantan varias construcciones anexas, siendo una de ellas el antiguo molino de sangre donde antiguamente se molía, cribaba, almacenaba y vendía el yeso.

Los hornos son construcciones de mampostería de sección cilíndrica dos de ellos de 2,25 metros de diámetro y el restante de tan sólo 2,00 metros y 2,15 metros de altura interior, con una abertura frontal de 0,60 metros de anchura y 1,80 metros de altura en el caso del único que se conserva completo. Se encuentran semienterrados contra la ladera permitiendo su carga y descarga superior y también inferior gracias a la zona que permite a su vez el acceso al molino, el acceso estuvo protegido de la lluvia por una cubierta ligera, que llegaba a cubrir el horno más próximo, hoy en día desaparecida.

El molino es una construcción de planta rectangular de dos plantas de mampostería de yeso. En origen era un molino de sangre movido por tracción animal. Su funcionamiento era muy similar al de una almazara de aceite y constaban de un rulo, un lecho horizontal de piedra o contenedor con un registro donde se colocaba la piedra calcinada, y un animal atado que dando vueltas movía el rulo moliendo así la piedra. Además, había un agujero en el centro de la piedra horizontal permitiendo que el polvo de yeso cayera a un cedazo o plataforma y posteriormente a un depósito situado en la planta baja, donde se encontraba el muelle de carga. Lamentablemente, las piedras del molino han desaparecido quedando tan sólo la perforación el forjado que permitía conducir el yeso molido a la planta inferior, a la tolva realizada con un entramado de cañizo y yeso. Con posterioridad, en esta construcción se instaló un molino de trituración mecánico, del que quedan únicamente los restos del anclaje, por lo que fue necesaria la construcción de dos balsas que recogían el agua de lluvia, una interior y

otra exterior, para refrigerar la maquinaria instalada. De igual modo, se levantó una construcción nueva cubierta, a los pies de las bocas de hornos donde se conducía el yeso molido, se ensacaba y se cargaba directamente en los camiones para su posterior distribución (figuras 6 y 7).





Figuras 6 y 7
Fábrica de yeso del tío Felipe (Grau y La Spina, 2017)

Fábrica de Asensio Ortíz y Leopoldo Herranz - Paraje Yeseras

Se trata de un centro de transformación en el que la calcinación de la piedra se realizaba en dos grandes hornos de 3,55 y 3,45 metros de diámetro respectivamente con muros de mampostería de 1 metro de espesor y una altura de 3,80 metros. Se trata de los hornos de mayores dimensiones que se conservan en Gestalgar y poseen la particularidad de tener dos aberturas en cada uno, con dinteles de viguetas metálicas, una frontal de mayor tamaño, de 0,90 metros de anchura y 1,80 metros de altura que queda en el interior de la fábrica y la otra, lateral, con comunicación desde el exterior, de tan sólo 1 metro de ancho y una altura de 1,10 metros. Además, ambos hornos estaban protegidos por una cubierta de viguetas de hormigón situada a una altura de 6 metros con respecto a la parte inferior de los hornos, que hoy en día está parcialmente derrumbada.

La construcción anexa desde la que se puede acceder directamente a las aberturas interiores de los dos hornos, de dos plantas de altura, se encuentra en muy mal estado de conservación y ha sido bastante transformada, apreciándose partes de una construcción con técnicas tradicionales, entramados de cañizo, mampostería y otras con fábrica de ladrillo cerámico, forjados de viguetas metálicas y bovedillas cerámicas, etc. En ella, se debió realizar la molienda en un molino eléctrico y el yeso convertido ya en polvo se cargaba desde el muelle que se aprecia en la planta baja a los camiones para su posterior distribución.

Según las fuentes consultadas, en un primer momento esta fábrica fue gestionada por Asensio Ortiz Gabriel, con datos desde 1950 hasta julio de 1956, que también explotaba una de las canteras. Y finalmente, por Leopoldo Herranz Pamblanco que figura en 1967 en los registros de la Cámara de Comercio de la provincia de Valencia por tener una fábrica de yesos, cales y cementos que probablemente se abandona a principios de los años 70 del siglo XX (figura 8).



Figura 8
Fábrica de yeso con los hornos protegidos con una cubierta (Grau y La Spina, 2017)

Distribución territorial del yeso producido en Gestalgar

El yeso producido en las fábricas de Gestalgar, además de emplearse en las nuevas construcciones de la población se distribuía principalmente en las localidades limítrofes de la comarca de los Serranos y del Camp del Turia. Sin embargo, también llegó a la ciudad de Valencia, donde se empleó en la construcción del cine Aliatar, en la avenida del Cid nº 12 y Pérez Galdós nº 37 que abrió sus puertas en 1963 y en el barrio residencial de Barona, construido en las décadas de 1950 y 1960. Para su distribución el yeso en polvo se almacenaba en sacos de tela de aproximadamente 60 o 70 kg y se trasportaba inicialmente en carros tirados por animales y con posterioridad en pequeños camiones.

Características y particularidades generales del yeso en polvo tradicional

El yeso en polvo obtenido de forma tradicional, es decir cuya calcinación se realiza en hornos discontinuos y su molienda de forma rudimentaria, posee cualidades y prestaciones muy diferentes a las de los yesos industriales actuales. En primer lugar, se caracteriza por ser un yeso con una composición no uniforme, dependiendo de la pureza de la roca sedimentaria que puede verse alterada durante el proceso de formación y en consecuencia estar acompañada por arcilla, arena y otros sulfatos o sales como carbonatos y cloruros. En segundo lugar, por ser un yeso multifásico (Sanz 2009, 3–9) porque la deshidratación del aljez en dichos hornos puede ser parcial o total, dependiendo de la temperatura, que puede oscilar desde los 120ºC hasta los 900ºC o más, y la presión a la que se somete la piedra, por lo que se pueden obtener hasta cinco fases de yeso con grados diferentes de rehidratación que fraguan en etapas sucesivas, mejorando con el tiempo y en presencia de humedad las propiedades físicas y mecánicas del producto final (Sanz 2009). En tercer lugar, se caracteriza por no tener una granulometría homogénea como en el caso del yeso industrial debido al tipo de molienda y cribado al que se somete la piedra calcinada, antes de las trituradoras eléctricas. El producto final presenta un porcentaje elevado de piedra de yeso de pequeño tamaño que se comporta como inerte en las mezclas, es decir como si fuera árido, al no rehidratarse por completo, por lo que más que una pasta se obtiene un mortero de yeso, pero sin árido de diferente naturaleza que el conglomerante, y en consecuencia el producto final tiene unas mejores propiedades mecánicas (La Spina et al. 2013). Por último, cabe destacar que las características o propiedades del producto endurecido no sólo dependen de la calidad y características de la piedra de aljez extraída, sino también, y de manera considerable, de la cantidad de agua empleada en la elaboración de las pastas y morteros, ya que ésta determina la densidad y la porosidad del producto final y por consiguiente su resistencia mecánica final (Mamì 2006; Villanueva y García 2001).

Técnicas constructivas asociadas con el uso del yeso tradicional en Gestalgar

En general, la realidad constructiva ejecutada con yeso que caracteriza a la arquitectura tradicional española no queda apenas recogida en los manuales y tratados históricos de arquitectura o construcción escritos por autores españoles, salvo algunas excepciones (La Spina, 2015). Por ello, la principal y mejor fuente de información es el estudio de la propia arquitectura tradicional que aún se conserva y que en caso concreto de Gestalgar ha permitido identificar diferentes técnicas constructivas realizadas principalmente con yeso en las diversas edificaciones históricas de la localidad. En los edificios residenciales del casco antiguo se observan construcciones combinadas de fábricas de tapia acerada de tierra y cal con refuerzos de ladrillo macizo o lajas (o tapia real valenciana) y refuerzos de brencas de yeso, así como muros de mampostería de yeso entre pilares maestreados de yeso; forjados de viguetas de madera o rollizos y yeso, y en general revestimientos, tanto interiores como exteriores, de yeso. En los pajares abandonados situados a las afueras del pueblo y que en la actualidad se encuentran en un lamentable estado de conservación, se aprecia la existencia de pilares maestreados de yeso (Vegas et al., 2012), tabiques de lajas y yeso e igualmente revestimientos de yeso. En la histórica masía de Andenia (Algarra, Navarro y Álvarez 2015) se conservan diferentes tipos de forjados de viguetas con revoltones de yeso, muy comunes en la arquitectura tradicional de la España

yesífera (Vegas et al. 2013) y revoltones de ladrillo y yeso; tabiques y escaleras de entramados de cañizo y yeso e incluso tapias aceradas con yeso. Y ya por último, en la arquitectura asociada a la producción del yeso tradicional, principalmente, mampostería recibida y revestida de yeso, así como entramados de cañizos y yeso para ejecutar bóvedas y tabiques.

Así pues, por su singularidad, destacan las siguientes técnicas constructivas con un uso destacado del yeso:

Fábrica de mampostería maestreada: pilares de yeso

En Gestalgar, hay pilares de mampostería ejecutados con la ayuda de maestras verticales para conseguir mantener el aplomo y en los que se aseguran las piedras con pasta o mortero de yeso. Por ello, es posible encontrar mampuestos que sobresalen de la superficie, algo que no ocurre empleando un encofrado, ya que las maestras sirven de guía para enlucir el pilar, pudiendo dejarse la esquina marcada cuando se quitan como ocurre en la zona de Ademuz (Vegas et al., 2012). Su particularidad es que en Gestalgar, en general, los pilares de yeso maestreados que se aprecian en fachada en la última planta arrancan de muros de tapia acerada de tierra y cal con refuerzos de ladrillo o lajas de piedra y brencas de yeso (figura 9).

Fábricas de mampostería y yeso: muros y tabiques

En las fachadas de los edificios de Gestalgar, el cerramiento entre los pilares maestreados se ha ejecutado con fábricas de mampostería encofrada con diversos espesores, desde muros a simples tabiques, e incluso con entramados de cañizo revestidos de yeso, al igual que en otras localidades de la provincia de València o de España, como Teruel o La Rioja (La Spina, 2016). Sin embargo, destaca también la existencia de simples muros de mampostería ejecutados sin medios auxiliares. Es decir, simplemente levantando un muro de mampostería con abundante pasta o mortero de yeso, para lograr conseguir la rápida unión y consolidación del conjunto (figura 9), sin la ayuda de encofrados, puesto que no se observan superficialmente las características marcas de los tablones de madera, si no que en su lugar se aprecia una superficie final muy irregular, con numerosos oquedades y marcas de dedos.

Además, en los interiores de las construcciones se han levantado tabiques de lajas de piedra recibidas con pasta o morteros de yeso, e incluso con montantes de madera si la superficie a cubrir era considerable. De igual modo, con esta misma técnica ha sido posible también la creación de barandas, trojes o mobiliario fijo interior.

Refuerzos de yeso en tapias aceradas de tierra y cal con refuerzos de ladrillo macizo o lajas de piedra en su costra

Las tapias aceradas de tierra y cal de Gestalgar tienen refuerzos realizados por medio de ladrillo macizo o lajas de piedra para mejorar la conexión entre la costra de cal y el núcleo de tierra, los ladrillos o lajas se disponen con sus testas asomando hacia el extradós, quedando separadas entre sí a modo de hileras, coincidiendo con cada una de las tongadas efectuadas durante la construcción de la tapia. También disponen refuerzos de yeso en forma de brencas y rafas o pilares, por lo que en ellas se combinan diversos materiales tradicionales: tierra, cal, yeso y ladrillo o piedra. Se trata de tapias con suplementos de yeso en las

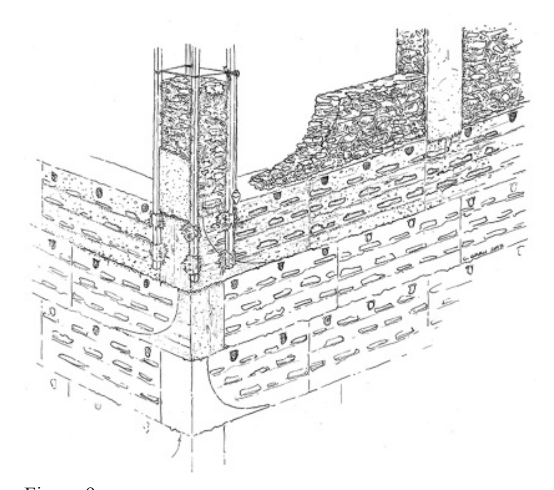


Figura 9
Dibujo de las fábricas en una fachada de un edifico residencial de Gestalgar (Grau, 2017)

juntas, cuyo objeto es proteger los puntos más débiles de la construcción y en las que además el yeso facilita el apisonado en las esquinas de los cajones (figura 9) (Mileto et al. 2014).

Entramados de cañizo y yeso: tabiques y bóvedas

Existen tabiques compuestos por entramados de cañas, bien ceñidas con cuerdas o bien simplemente desbastadas partidas y trenzadas como si fueran los hilos de un tejido, atados a montantes verticales que posteriormente se enlucen con yeso para darle más consistencia y rigidez (Vegas y Mileto 2011, 129). E incluso se ha dado una forma curva al cañizo para poder ejecutar tanto dinteles como escaleras con un trazado similar a las tabicadas. En el caso de las escaleras el cañizo hace la función sustentante hasta que se completa el tramo y la forma abovedada del mismo proporciona la resistencia y debido a la complejidad de su recuperación constituye el trasdós de los tramos de la escalera (figura 10).

Revestimientos de yeso

Algunos de los revestimientos de yeso en Gestalgar se caracterizan por su singular acabado superficial resultado directo de su ejecución, ya que se aprecian claramente impresas las huellas de las manos que tendieron la pasta de yeso sobre las superficies. Además, esta técnica no sólo se observa en los exteriores de los edificios residenciales sino incluso también en algunos interiores, dependiendo del uso del edificio (figura 10).



Figura 10
Escalera con entramado de cañizo y revestimiento de yeso tendido con la mano en la masía de la Andenia (Grau y La Spina, 2016)

Reflexiones finales

La producción del yeso tradicional y la arquitectura con él construida son claros signos de identidad de la población de Gestalgar, tanto desde el punto de vista arquitectónico como etnográfico. Las construcciones directamente relacionadas con la producción artesanal del yeso, a pesar de su lamentable estado de conservación, permiten rescatar del olvido cómo se ha producido hasta hace relativamente pocos años el yeso en España y las construcciones históricas de Gestalgar son claros ejemplos de las múltiples aplicaciones y usos que este material tradicional ha tenido en el pasado. Además, conocer el proceso tradicional de producción del yeso en polvo, permite en primer lugar conocer las diferentes prestaciones que éste material tiene con respecto al yeso industrial actual y en consecuencia promover los materiales más adecuados a usar al realizar una intervención (Vegas y Mileto 2012).

Por último, en el caso concreto de Gestalgar, además destaca el uso prolongado de hornos discontinuos para la producción de yeso en polvo, en los que se da una calcinación no uniforme del yeso, e incluso cómo se han construido nuevos hornos de este tipo en los años 60 del siglo XX. Sin embargo, al igual que la gran mayoría de las poblaciones españolas donde también se ha elaborado yeso de forma artesanal se está produciendo una completa pérdida de los conocimientos vinculados tanto con la producción del yeso como con las técnicas constructivas vinculadas con este material.

Notas

Los autores desean agradecer la información facilitada por el Ayuntamiento de Gestalgar, sus vecinos Vicente Cervera Rubio y Carmen Belenguer. Así como al Arxiu Històric de la Comunitat Valenciana y a la Sección de Minas de la Generalitat Valenciana.

1. Este artículo se enmarca dentro del «Estudio del yeso tradicional en España. Yacimientos, canteras, hornos y la arquitectura tradicional, su estado de conservación y

propuestas de itinerarios visitables para su revalorización y difusión exp 2016C2000238», realizado por los autores para el Instituto del Patrimonio Cultural de España del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte en 2016.

Lista de referencias

Algarra Pardo, V. M.; Navarro Pérez, M. y Álvarez Ortiz, M. 2015. «La casa de la Andenia. De alquería a masía en territorio agrícola de Gestalgar (La Serranía-Valencia)». En *Arquitectura tradicional y patrimonio de la Serranía* editado por Matoses, I. y Hidalgo, J. 138–145. Valencia: TC Cuadernos.

La Spina, V.; Fratini, F.; Cantisani, E.; Mileto, C. y Vegas, F. 2013. «The ancient gypsum mortars of the historical façades in the city center of Valencia (Spain)». En *Periodico di Mineralogía.* 82 (3): 443–457.

La Spina, V.; García Soriano, L.; Mileto, C. y Vegas López-Manzaneras, F. 2014. «Gypsum quarries used in Valencian architecture: Past, present and future». En *Vernacular Architecture. Towards a Sustainable Future* editado por Mileto, C. et al., 411–418. Rotterdam: Balkema.

La Spina, V.; Mileto, C. y Vegas, F. 2015. «Gypsum in Spanish Levat: history of its production and use in local architecture». En *Further Studies in the History of Construccion. The proceedings of the Third Annual Conference of the Construction History Society*, Queens' College, Cambridge, 8–10 April, 47–58.

La Spina, V. 2015. «La técnica constructiva de los revestimientos exterior de yeso en la tratadística y manuales desde 1639 a 1936». En *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*, Segovia, 13–17 de octubre de 2015, vol. 2, 887–896. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

La Spina, V. 2016. E*studio del yeso tradicional en España. Yacimientos, canteras, hornos y la arquitectura tradicional, su estado de conservación y propuestas de itinerarios visitables para su revalorización y difusión*, trabajo en proceso de publicación. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte – Instituto de Patrimonio Cultural de España.

Mamì, A. 2006. *Il Gesso*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore.

Mileto, C.; Vegas, F.; Cristini, V. y García Soriano, L. 2014. «La tapia en la Península Ibérica». En *La restauración de la arquitectura de tapia en la Península Ibérica. 1980–2010* editado por Mileto, C. y Vegas, F., 32–51. Valencia: TC Cuadernos y Lisboa: Argumentum.

Sanz Arauz, D. 2007. «Hornos tradicionales de yeso para construcción». En *Recopar,* vol. 05: 76–84.

Sanz Arauz, D. 2009. *Análisis del yeso empleado en revestimientos exteriores mediante técnicas geológicas,* tesis doctoral, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas.

Vegas, F. y Mileto, C. 2011. *Aprendiendo a restaurar. Un manual de restauración de la arquitectura tradicional de la Comunidad Valenciana*, Valencia: COACV.

Vegas, F. y Mileto, C. 2012. «Restauración de edificios preindustriales en Ademuz (Valencia)». *En Loggia. Arquitectura & Restauración*, núm. 24–25: 94–103.

Vegas, F.; Mileto, C.; Diodato, M.; García Soriano, J. y Grau, C. 2012. «Traditional structures made with gypsum pillars: a reasoned hypothesis». En *Nuts & Bolts of Construction History. Culture, technology and society,* editado por Guillerme et al., vol. 2, 509–516. Paris: Picard.

Vegas, F.; Mileto, C.; Cristini, V. Ruiz, J. R. y La Spina, V. 2013. «Gypsum as reinforcement for floors: conceptual approach». *Vernacular Heritage and Earthen Architecture. Contributions for sustainable development*, editado por Correia, M. et al., 389–394. Rotterdam: Balkema.

Villanueva Domínguez, L. y García Santos, A. 2001. *Manual del yeso*. Madrid: CIE inversiones editoriales, DOSSAT 2000.

Villanueva Domínguez, L. 2004. «Evolución histórica de la construcción con yeso». En *Informes de la Construcción. Especial yesos*, vol. 56 (493): 5–11.

VV. AA. 1861 – 2000. *Estadística Minera,* Madrid: Imprenta Nacional.

VV. AA. 1982. Memoria del Mapa Geológico de España e. 1:50.000 Liria, Servicio de Publicaciones Ministerio de Industria y energía, imprenta Ideal, Madrid.

Consideraciones previas y estudio para la intervención en el patrimonio industrial arquitectónico e ingeniería civil: Faro de Zumaia

Urtzi Llano Castresana
Enara Mendizabal Samper

El faro de Zumaia, «Paola»

En la orilla occidental de la desembocadura del río Urola, se enclava sobre la colina de la Atalaya de San Telmo, en una zona que podría ser calificad de protegida respecto a los vientos del noroeste, tan frecuentes en el Cantábrico (sobre todo, comparándola con el emplazamiento del contiguo faro de Getaria). Un paseo que parte desde el puente, en el muelle de Txomin Agirre y bordeando la margen izquierda de la ría nos lleva hasta el edificio de la Junta de Salvamento (hoy, aseos públicos) junto a la plaza de Inpernupe; desde allí, unas escaleras empinadas ganan ligeramente los 29 mts de desnivel hasta la entrada. Sobre el nivel del mar a 41 mts, se levanta rodeado por una vegetación frondosa, en la que destacan manzanos, tamarindos y algunas viñas y desde donde se domina una amplia vista de la bocana del puerto, la playa de Santiago, el mar y los acantilados (figura 1).

Sencillo y digno, se levanta sobre los acantilados, en el último extremo del largo brazo que alarga el monte hacia la playa y que protege la desembocadura del río, precisamente protegiendo la margen izquierda del canal natural en el que vienen las aguas a fundirse con las del mar, justo en frente de donde se crea la rompiente de dirección noroeste (la dirección de la batiente del mar, así como generalmente la del viento y los temporales) se alza Talaimendi, sobre el que descansa la caseta del atalayero en compañía, desde hace más de 150 años. Es costumbre en la mayoría de los faros del litoral Cantábrico obtener una posición elevada y ventajosa respecto al mar mediante la utilización de la propia orografía del lugar, siempre que ello sea posible, en vez de servirse de la arquitectura, y raro es el faro Guipuzcoano que no lo intente (quizá por ello nuestras edificaciones no destacan generalmente ni por su altura, ni por su excesiva esbeltez, más bien son pequeños y robustos).

Edificación de mampostería de planta rectangular 11,5 x 5,5 mts y cantería, en concreto de arenisca y caliza para grosores de pared de 50 cmts, materiales muy abundantes en las inmediaciones y perfectos para la voluntad ignífuga; torreón adosado, de forma octogonal, con linterna y cúpula. Consta de semisótano, planta baja y planta noble, con materiales extraídos de una cantera improvisada para la ocasión del mismo monte de donde se extrajeron piedras de sillería para la base trapezoidal y de carácter un tanto militar y que sirvieron para asentar sobre las placas sedimentarias más resistentes de la atalaya los cimientos.

La planta baja se comprende de dos habitaciones y un baño, y la primera planta, con otras dos habitaciones y la cocina, se construyeron en mampostería diversa en la que el torreón, de planta octogonal, 12 mtrs de altura y 2,8 m de diámetro exterior, se adosa en fachada norte y noroeste en piedra maciza. El suelo original general es de madera, aunque actualmente está recubierto de una lámina plástica. El esquema interior de la vivienda es sencillo, con pasillo central que va desde la puerta principal de acceso hasta el núcleo de comunicación vertical que se desarrolla dentro de la

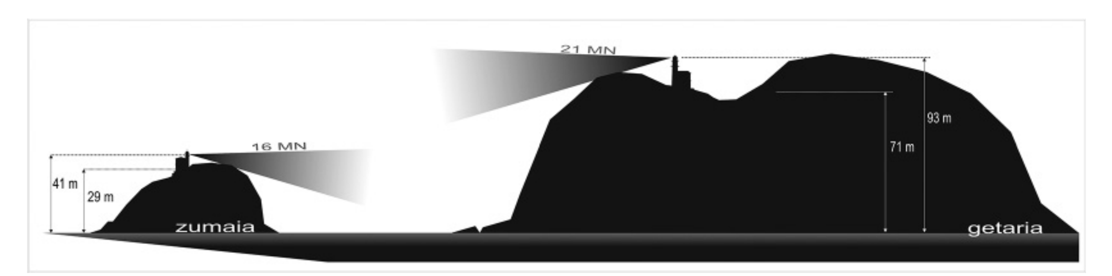


Figura 1
Comparación de orografía, dimensiones y alcance de los faros de Zumaia y Getaria (Llano, U.).

propia torre en espiral siendo de material de fundición. Al igual que en los faros de Higuer, Pasajes, Getaria y San Sebastián, el acceso interior a la torre se resuelve con la escalera de hierro fundido de Lasarte.

La escalinata pétrea de la entrada, simétrica y de dos tramos, salva la altura del sótano (al cual se accede bajo un arco que sujeta la propia escalera y que sanea la planta baja lejos de humedades por absorción y capilaridad) y otorga cierto porte al conjunto. Los pisos superiores se completan con sendos ventanales a Sur (dos por planta) y un ventanal al Este y al Oeste, todos ellos idénticos en dimensiones y estética. El conjunto se remata con un tejado a cuatro aguas de tejas sobre cerchas de madera de roble y canalones de zinc que protegen la totalidad de la vivienda en superficie y vierte aguas a un aljibe de 1000 litros aproximados situado en la cara Norte. El edificio no abre huecos en fachada Norte a excepción del par de estrechos ventanucos con forma de saeteras que hay en la torre de iluminación escaleras arriba y que dan un gracioso toque de aire nostálgico y evocador tan de moda en la época.

La fachada se remata y protege con pintura blanca y utiliza el tono azul intenso (color de gran tradición en la villa marinera) en los escasos recursos estéticos que se permite que remata aleros y vanos y en la linterna de fundición que culmina el torreón de iluminación, que suele utilizarse en los barcos de esta zona, y que es el que tiene también la casa del pintor Zuloaga, Santiago-Etxea, en su entramado de madera, así como algunas casas antiguas de esta villa. En general podemos decir que la sobriedad del edificio, muy característico de la arquitectura victoriana, clásica pero depurada de la época recoge perfectamente el carácter práctico y funcional de estos edificios y del ingeniero que los construyó.

Es un elemento arquitectónico práctico y funcional de la construcción civil. Construcción dotacional con una función principal en torno a la cual se agrupan las demás funciones secundarias. En este caso, se funden dos volúmenes claramente diferenciados como son la arquitectura en prisma octogonal de la torre de iluminación y el volumen rectangular que compone la estancia del Torrero o la vivienda. De alguna manera se podría decir que este último volumen da servicio al primero, dando cobertura a la sala de máquinas así como al Torrero que se encarga de su correcto funcionamiento, dándole cobijo. Es difícil habitar una antorcha y para ello se habilita este segundo volumen, organizado siempre en torno al recorrido que el Torrero ha de hacer para acceder al faro. Las estancias se habilitan y se organizan en paralelo al recorrido de acceso a la torre de iluminación y no en función de otro tipo de relaciones entre estancias que podrían favorecer la habitabilidad y la relación de los moradores de la vivienda, y es que la vivienda es quien sirve al faro, como no podía ser de otra forma, la vivienda permanece fuera del torreón.

La torre presenta una serie de ventanas estrechas y largas, en forma de arco ojival, que recuerdan en aspecto de saeteras, a la manera de las utilizadas en la arquitectura medieval, tan a la moda en la época de su construcción.

Análisis histórico-constructivo: incidencias e intervenciones relevantes

A mediados del siglo XIX es cuando comienza a adquirir mayor relevancia el puerto, que hasta entonces tenía una importancia relativa, siempre en un marco local y que se dedicaba a la pesca y explotación de la

ballena (en franca decadencia sobre todo por la escasez de cetáceos debido a su abundante y continua caza) y por la producción de sus astilleros, comienza a destacar en importancia por su puerto a través del cual se establece toda una red comercial de productos relacionados no solamente con la siderurgia de la región del Urola, sino también y sobre todo, por la producción de las diversas cementeras que se sitúan aguas arriba y que exportan un cemento de magnificas propiedades hidrófugas que puede fraguar en condiciones climatológicas adversas por lo que era muy apreciado en el continente.

Precisamente, en las memorias de los proyectos de construcción de todos los de Guipúzcoa, se especifica la utilización de cementos de Zumaya, denominación esta que recoge por ser su puerto el encargado de distribuirlo al resto del continente, a pesar de ser sobre todo cementeras de Arrona y Zestoa las que lo abastecían de este material.

En 1864, el ayudante encargado del Servicio Guipuzcoano justifico la necesidad de la construcción del faro (dada la peligrosidad de la entrada del puerto, con muy poco fondo y bastante peligrosa, sobre todo para los marineros extranjeros) en el monte, conocido por el nombre de la Atalaya por la existencia en el de un atalayero, precursor en cierta medida de lo que se pretendía. Sus funciones consistían en avistar los barcos que se aproximaban, advirtiendo de cualquier hipotético peligro e incluso encendiendo un fuego durante las noches en que el mal tiempo acrecentaba los inconvenientes, ya de por si difíciles, de la entrada del canal.

En 1871, el ingeniero Francisco Lafarga manifiesta la necesidad de revestir el talud exterior de la punta de la Atalaya, con mampostería hidráulica para afianzar el muro en la roca. Un año más tarde, presenta su proyecto de camino de servicio al faro, para que, rodeando la ría, sirva también de muelle estableciendo una zona litoral de domino público en la ribera occidental, para paseo y desahogo de la población.

Esta primera edificación sufriría importantes daños en las Guerras Carlistas y el aparato quedaría prácticamente inutilizado, haciendo necesaria una reconstrucción de la edificación a fondo y un nuevo aparato de iluminación. Esta petición fue trasladada a la Dirección General de Obras Publicas Secc. Puertos y Faros del Estado en 1873 y entra de nuevo en funcionamiento en mayo de 1881, con proyecto del ingeniero Lafarga (autor de varios faros de la costa guipuzcoana), imprimiéndole su característica sobriedad, pero elegancia en las plantas superiores. También se le coloca un nuevo aparato lumínico de la casa Barbier (Constructores de Paris), con lámpara constante, se le dio característica de luz verde de 137º con un rayo blanco, para que su reflejo sobre una baliza situada en la punta de la entrada al canal señalara la entrada de la ría.

Así se da por concluido un largo proceso de puesta a punto, acentuado por la pesada burocracia que había que informar, consensuar y coordinar todas y cada una de las peticiones realizadas, con esmero y detalle, entre las distintas administraciones y delegaciones como son la Dirección de Obras Públicas, la Sección 4ª de la Junta Consultiva, la Comisión de Faros y el Deposito Central que se alargara hasta que tras las reiteradas comunicaciones a la Dirección, por parte de la Delegación Provincial de Obras Publicas de Guipuzcoa y Navarra recordando que el faro aún se encontraba apagado *«por carecer de aparato y otras frioleras»* se decide poner orden en el asunto y desenredar la cuestión, aprovechando el retraso para cambiar el sistema de alimentación del aparato lumínico, presupuestado con sistema de petróleo, por uno más actual de aceite.

Las balizas de luz fija que se ponen en 1917 a ambos lados del canal de entrada, una luz verde en salida a estribor, en la punta del recientemente construido dique de «Impernupe»38, en la margen izquierda, y la otra, de color rojo al final de la barra de la playa de Santiago, quedando así convenientemente marcada la entrada al puerto y dejando obsoleta la balizaque a finales del XIX. Se erigió al final del canal, cerca de la rompiente y que tantos quebraderos de cabeza había originado en su época, pues era responsabilidad del faro la iluminación directa de esta.

Con la declaración del puerto como de 2º categoría, la administración se encargara de velar por el mantenimiento y la mejora de las instalaciones y sus sistemas de señalizaciones marítimas y seguridad, costeando la gran mayoría de obras y reformas que se harán en este puerto hasta 1970 aproximadamente.

En 1925 se decide electrificarlo y dotarlo de un aparato más apropiado, con lámparas de incandescencia de 400 bujías y se sustituye la linterna antigua (gemela a la de La Isla, en Donostia). Es precisamente tras el parón en la actividad portuaria originado

con la Guerra Civil cuando se decide afrontar las obras de reforma de la cubierta y mejoras de ciertas dependencias y saneamiento, en 1939, por el deterioro y precario estado de la cubierta.

En 1955, pocos años más tarde de que un nuevo Torrero se asentara con su familia, se redacta un informe sobre la necesidad de realizar mejoras de calado en la vivienda, en el apartado de habitabilidad, acondicionamiento de planta baja y sótano, el cual se hallaba anegado de escombro y prácticamente inaccesible, así como mejoras en el saneamiento y suministro de aguas, o sobre la necesidad apremiante de habilitar un cuarto de baño y aseo en condiciones, en planta baja. Pero más preocupante era aún la situación del muro de contención Noroeste, el cual sostenía una buena parte del terreno en el que se asentaba y que era continuamente sacudido por las olas. Este muro se realizó a finales del XIX, y se reforzó más adelante para que resistiera mejor el embate del temporal. Era vital seguir manteniéndolo para asegurar la estabilidad de los cimientos. En 1985 se instala un nuevo equipo de iluminación, que es el actual.

Actualmente también cuenta con una estación meteorológica automática; recoge datos de humedad, temperatura, pluviometría, dirección y velocidad del viento. La torre posee anemómetro y veleta para medir la velocidad y dirección del viento. Su característica es la luz blanca en grupos de 3 y 1 ocultaciones por cada 20 seg., que alcanza aproximadamente de 12 a 16 millas (figura 2).

Análisis patológico y problemática actual

El acantilado es de roca sedimentaria, formada por planchas de diferentes grosores, características geológicas y mecánicas, dependiendo de las condiciones de la época en la que se han ido conformando cada una de ellas. La posición de dichas placas estratificadas es muy vertical a lo largo de toda la costa y por lo tanto hace difíciles las condiciones de asentar la construcción sobre ellas. Sin embargo, los constructores sabían de la importancia de asentar en este tipo de emplazamientos firmemente una sólida base que diera seguridad y sustento a toda la edificación, y afirmaron la sujeción de los gruesos cimientos del faro a las dos placas más gruesas y firmes que había de entre los estratos, y que, siguiendo la línea de estas placas hacia el mar, el embate de las olas aun hoy no consigue desgastar. Estas placas, que desde los acantilados de Askizu caen hacia la playa siguiendo una línea recta hacia el faro, aun son visibles en la playa de Santiago y hubo que dinamitarlas en la propia bocana del puerto, para ampliar el calado de la salida (algo, por otra parte, no beneficio en nada a los cimientos y que pudo acelerar la tendencia del terreno a venirse ladera abajo, hacia el puerto). Firmemente asentado sobre una base trapezoidal de sillería bien ejecutada, apenas presenta alguna grieta debido a pequeños movimientos del terreno.

El muro de contención que protege el montículo sobre el que se asienta sufre las constantes acometidas del mar por la cara noroeste, siendo la cara más

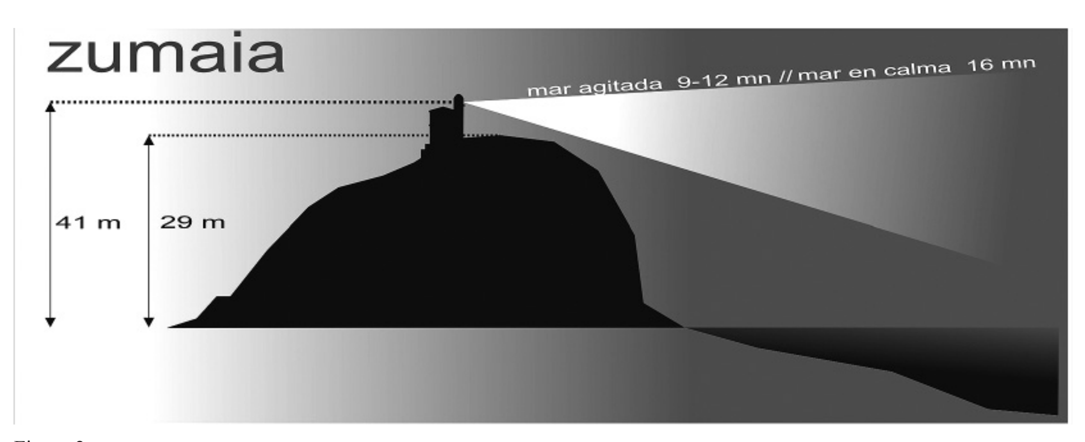


Figura 2
Orografía, dimensiones y alcance del faro de Zumaia (Llano, U.).

expuesta. Fue la primera en levantarse para proteger el acantilado del desgaste continuo al que lo somete el oleaje. Se eleva más de 30 metros desde su base en una construcción de tres grosores diferentes y que se hacen más esbeltos a medida que van alcanzando la cota del faro. Esta gran barrera de contención presenta una única grieta muy acentuada que indica el vencimiento del muro y la lenta pero paulatina cesión del muro que se ira acrecentando ni no se pone remedio. Es una construcción esta, que ha requerido varias intervenciones y mejoras periódicamente a lo largo de la vida. Síntomas muy visibles de esta evidente tendencia del terreno se reflejan en la escalera de dos tramos simétrica que da acceso a la planta baja de la vivienda o entrada principal. La base de las escaleras es prácticamente inexistente y se podría decir que apoyan directamente sobre el terreno. Esa diferencia, pues no comparte cimentación con la vivienda, se está haciendo cada vez más evidente en el encuentro con la base, recordemos, de gruesa sillería de arenisca, con los movimientos del terreno, en donde recientemente se ha acentuado la línea de separación con la casa, por lo que concluimos que la barandilla perimetral (sustituida en los 80 por la actual, de sección tubular de fundición y pintura plástica azul), prácticamente arrancada de su empotramiento con los muros del cuerpo de la vivienda y sus escaleras ceden junto con el monte hacia abajo. La grieta que recorre de parte a parte la delantera del edificio, recibida con una solera de hormigón (sin refuerzo de malla metálica) que reposa directamente sobre el terreno es otro derivado de la misma causa.

La edificación se encuentra encajada en la roca arenisca, prácticamente empotrado a lo largo de toda la fachada Norte, y elevada unos 90 m del mar al oeste de la salida de la bocana del puerto de Pasaia, y se extiende a lo largo del perímetro norte protegiendo al faro de todo viento del mar, Norte-Noreste y Norte-Noroeste. Esta posición estratégica le sirve para no sufrir los embates directos del agua y la lluvia.

La fachada presenta un aspecto saneado con intervenciones de mantenimiento periódicas. La última vez que se actuó fue en el 1998 y se le aplicaron varias manos de pintura protectora. Aun así, la carencia de botaguas o protectores de gres o cerámica bajo las ventanas se hace patente sobre todo en los huecos de la fachada suroeste, la más castigada por los temporales, tras la orientada al noroeste

Es en el sótano y en concreto en la pared que da hacia el Norte donde mayores problemas de humedad se registran, pero el que la planta baja se asiente sobre el propio sótano aísla y mejora eficazmente al resto de las estancias de la vivienda de los problemas derivados de la humedad del terreno. También descartamos posibles problemas por capilaridad en planta baja, pero el hecho de que las bajantes de saneamiento se canalicen por el interior de la vivienda hasta una arqueta de registro situada en el sótano (luego de ahí a un pozo séptico) está generando algún que otro problema que afecta a la esquina suroeste del sótano debido a una más que patologías significativas, más allá de los problemas derivados de la gran humedad a la que se enfrentan este tipo de construcciones, en este caso muy expuesta a vientos del Noroeste, frontal en el cual se carece de huecos en fachada exceptuando los pequeños ventanales en forma de saeteras que tiene la propia torre anexa al volumen de la vivienda y que se utilizaban de fresquera hasta hace bien poco. La vivienda no presenta mayores problemas, si bien se denota la necesidad de alguna mano de yeso y pintura para revoques de interiores, suelos (que son de madera y se les ha recubierto de una lámina plástica) y carpinterías derivados del paso del tiempo y del continuo uso por familias diferentes que hacen que el aspecto interior de la vivienda sea algo descuidada.

Consta de leves patologías de descascarillado y algunas humedades superficiales, exceptuando la bajante que sale del 2.piso a fachada este, bastante pegado al monte (40 cmts, en fachada), y que representa un serio caso de fuga de bajante. Es precisamente la bajante de pluviales, que al querer sacarla, con buen criterio, fuera del edificio, lo hace perforando la fachada y en doble recodo de 90º (uno al exterior y otro al interior), por donde el conducto tiene una fuga constante en días de lluvia, y que poco a poco va haciendo mella, no solo en fachada, sino probablemente también en el interior de la fábrica de arenisca. Algo parecido, pero bastante más preocupante, por estar el proceso más avanzado y por consiguiente el estado de deterioro que ha causado en la cocina (afectando a parte del muro interior que da a Norte, enrocada; parte del muro de carga del Oeste, sobre y bajo la ventana de la cocina; así como al tabique de partición entre comedor y cocina. Es un serio problema de humedad que descartamos por completo tenga el origen en filtraciones que vengan de la roca

adyacente o del subsuelo, mediante capilaridad, sino con parte de la acometida de saneamiento o incluso la propia traída del agua sanitaria que sirve a los baños de la casa, situados inmediatamente próximos en el piso superior sobre la cocina, que en algún momento sufren pérdidas puntuales. También presenta patologías de este tipo la base y todo el interior de la torre circular, agravadas por problemas de salinidad sobre la arenisca, e incluso hongos (de colores verdosos, liláceos y negruzcos) que van fragmentando la estructura interna y cohesión de esta cantería de origen sedimentario.

La estructura de madera de roble que sostiene el bajocubierta en el cuerpo de servicio, ha sufrido problemas de xilófagos, probablemente termitas y está en algunos tramos superficialmente dañada. En algún que otro punto esta patología se muestra más severa, sin ser del todo preocupante, por la profundidad de ellas y su ubicación, se antoja un tema que requiere un seguimiento periódico y el saneamiento del material, en algunos casos. Las reformas del 92 (principalmente afectando a la cubierta incluyendo un nuevo retejado) con refuerzos metálicos sobre las cerchas conforman la estructura de la cubierta, aseguran la consistencia y la correcta transmisión si bien, probablemente no sean necesarias, debido al sobredimensionamiento de las vigas de madera.

La linterna presenta problemas de condensación, que empañan irremediablemente los cristales, mermando así el alcance y la intensidad de los haces de luz. Es una patología común, y este faro no es el que mayores índices soporta. El hecho de que el acceso a la segunda planta de la vivienda comparta las escaleras de acceso a la torre, es decir, que se suba por el mismo elemento de comunicación vertical, supone que por la tendencia a subir del aire caliente generado por la casa, tienda a acumularse en la cúpula de la linterna por el llamado efecto chimenea que ejerce la propia torre. Con la bajada de temperaturas que conlleva la llegada de la noche, sobretodo en invierno, el aire al contacto con los fríos cristales de hoja única, libera el agua acumulada en grandes porcentajes de humedad, tan frecuentes en la costa. El hecho de que la parte metálica venga recibida al interior por madera, ayuda a reducir este problema a la superficie acristalada. Si a eso añadimos que los ventanucos de la torre suelen estar abiertos y están orientadas a la cara norte, provoca de manera automática que el torrero intente mante-

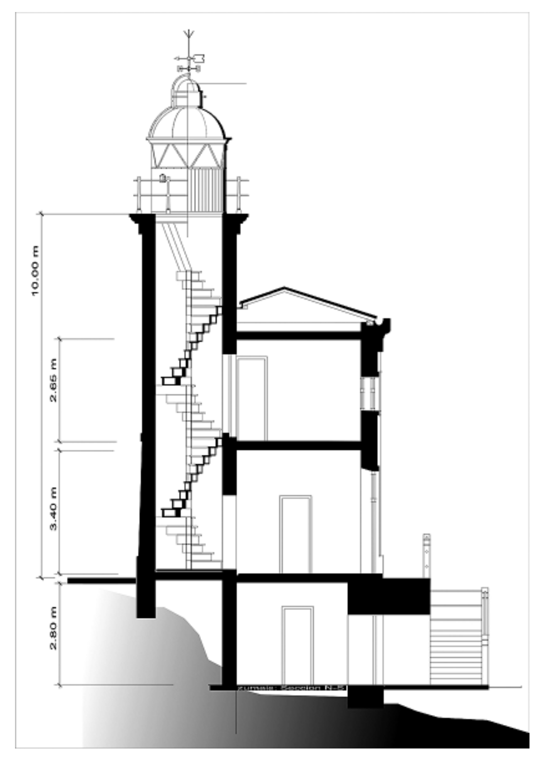


Figura 3
Sección por la linterna del faro de Zumaia (Llano, U.).

ner las puertas de la vivienda que dan acceso directo a las escaleras permanentemente cerradas en la medida de lo posible. Así se consigue una reducción bastante aceptable a este problema de manera casi intuitiva y sencilla (figura 3).

El tejado se reformo en 1940 ampliando la cubierta a la totalidad de la superficie de la vivienda en planta, recibiendo las aguas en canalones de zinc más estrechos y apropiados a los existentes, se exteriorizaron la bajantes y se sanearon las cerchas de roble sobre las que descansa el tejado que se cambió prácticamente por completo. Se retejo en los 80 y la práctica totalidad de las tejas colocadas están bien sujetas con cemento, que a pesar de hacer más pesada la cubierta, es una medida que se agradece en caso de temporal y vientos fuertes racheados, minimizando el riesgo de levantamiento. Bien impermeabilizada, con una acertada intervención de colocación de material cerámico (gres) a lo largo de

toda la superficie transitable, impermeabilizándola a conciencia, tiene problemas de acumulación o estancamiento de aguas, puntualmente y muy localizados, debido a la falta de pendiente necesaria en todos estos casos para dar pronta evacuación al agua de lluvia. Entendemos que por la compleja geometría y superficie amplias en cubierta no son fáciles de abordar, pero en este caso, con un adecuado redireccionamiento de aguas, sería mucho más sencillo y no muy costoso el evitar dichas balsas, que a la larga, pueden suponer el origen de molestas goteras, con todo lo que ello conlleva (para cuando una gotera se hace patente o visible, es posible que ya halla dañado diversos elemento de la estructura del edificio, por ejemplo, haciendo más costosa su reparación) (figura 4).

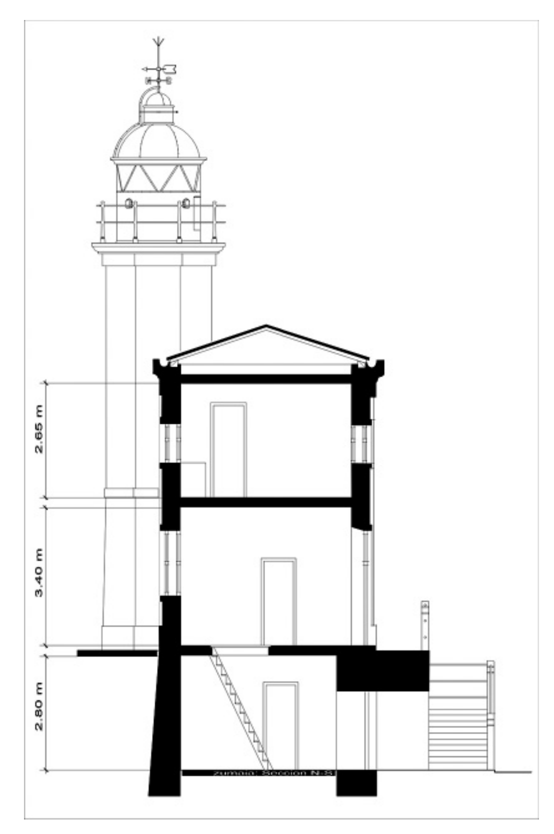


Figura 4
Sección N-S del faro de Zumaia (Llano, U.).

Conclusiones

En la costa del Cantábrico, desde el extremo del monte Jaizkibel a Zumaia, entre la desembocadura del Bidasoa y la del Urola, se construyen a partir de 1852 los siete faros de Gipuzkoa, que, según su ubicación, son: Faro de Higuer, Faro de la Plata, Faro de Senekozulua, Faro de Santa Clara, Faro de Igueldo, Faro de Getaria y Faro de Zumaia. El sinuoso perfil del litoral hizo que el emplazamiento de estos faros quedara condicionado por la calidad del terreno, resistente a la acción del mar, la reutilización de antiguas construcciones y la visibilidad para los navegantes; los proyectos los realizan ingenieros de Caminos. Su origen se remonta a la existencia de antiguas torres de piedra, de las que todavía se reconocen restos en atalayas, donde antaño se encendieron hogueras de orientación, un halo de esperanza para muchos y la condena o el desastre para otros, dependiendo del propósito de quien las encendiera, y que, al igual que las balizas, boyas, fanales, linternas, farolas e incluso las siluetas de los montes, sirvieron como marcas o señales de ayuda a la navegación; posiblemente uno de los datos más expresivos de la evolución de la tecnología sea el hecho de que, en un principio, el combustible empleado en las luces de estos faros fuera aceite vegetal.

La historia del faro recoge, de alguna forma, el testimonio de la vida cotidiana en el siglo XIX; en unos años en que las consecuencias de las guerras carlistas se entremezclan con el impulso que figuras de la vida política – como Pascual Madoz o Fermín Lasala, duque de Mandas- proporcionan y que tanto influirá en el desarrollo de Gipuzkoa: el progreso y la industria dejan a tras tiempos en los que era más sencillo atravesar la provincia por mar que por carretera y abren nuevos horizontes y mercados. La construcción del ferrocarril del Norte, el ensanche de San Sebastián y, en esa línea, la organización del alumbrado marítimo. Y es que la dimensión cultural de la Obra Pública se evidencia singularmente en las señales marítimas, cuyo desarrollo corrió paralelamente al de la historia de la humanidad. Su vocación de conocimiento, su voluntad de comunicación, imposibles de perfeccionar con la navegación diurna y de cabotaje, para la que resultaba suficiente la referencia visual de la costa: las horas de luz solar no eran bastantes para alcanzar la noble meta de la ambición humana de conocimiento y comunicación y se imponía la búsqueda de otros soles que le

apartaran de la zozobra cuando pisara el inseguro y extenso camino de la mar.

Por eso, el faro arrastra siempre una larga, una majestuosa cola de leyenda y de poesía, su primera construcción se atribuyó a los dioses y, todavía mantienen el concepto de guía y seguridad. Testigos mudos de un sinfín de avatares y de luchas del ser humano frente al mar, una naturaleza que desconoce, que no domina, y que sin embargo no duda en aventurarse en ella, buscando nuevos horizontes, poniendo a su merced su juicio y su destino. Es este ideal romántico, tan propio del s. XIX que alentó un sinfín de expediciones y viajes a lo largo del mundo, en el que mujeres y hombre lucharon para que cada vez hubiera menos fronteras y menos distancias entre diferentes culturas y realidades. Pero lo cierto es que el auge de la navegación marítima y el comercio, obligaban a competir en rutas y mercados forzando a su vez a adecuar y dotar de la mejor salida a los productos nacionales y a las importaciones, asegurar el tráfico marítimo y las rutas de ultramar, y para ello eran vitales estas antorchas costeras. Pero a pesar de su función rigurosamente técnica, estas edificaciones levantadas con gran ingenio y mayor economía de medios, no pudieron evadirse del entorno sociocultural y orográfico en el que se erigieron y el sello del carácter de las gentes que lo construyeron, que lo habitaron…permanece en ellos, cada vez que tornamos la mirada y los vemos orgullosos, elevándose sobre el acantilado, desafiando los temporales y las continuas batientes del mar, formando ya parte del territorio en el que se asientan, son los hitos que levantaron los hombres para hacer frente a los dioses del mar, donde la luz y las tinieblas pugnan cada día.

Esta construcción es del tipo industrial: funcional y sólida, donde la vivienda es un elemento secundario erigido para cubrir la necesidad del elemento principal (figura 5) y que se habilita para cubrir la necesidad del eterno velador o técnico de señales que era tan necesario con las antiguas lámparas, pero que ahora, con las tecnologías actuales, la progresiva automatización y la centralización de los controles a Pasajes, ya no es tan indispensable. Esta figura ha sido durante décadas la encargada de mantener y velar por el mantenimiento del faro, que es no solo su herramienta de trabajo sino también su hogar. Por ello, los faros se presentan en general en buen estado de conservación, si bien los problemas de humedades, de viejas instalaciones acometidas de manera poco aconsejable (en ocasiones procedían los propios torreros a la mayoría de intervenciones menores y reformas internas) o simplemente con la necesidad de sustituirlas urgentemente, los problemas derivados de las humedades del terreno en el que se asientan o las derivadas de la climatología adversa a la que han de hacer frente por su naturaleza y ubicación, sin olvidarnos de la necesidad de consolidar y proteger las rocas, peñascos o acantilados sobre los que se asientan y que de lo contrario el desgaste al que los somete el mar y las lluvias pueden afectar a los cimientos, son las patologías comunes a todas estas instalaciones.

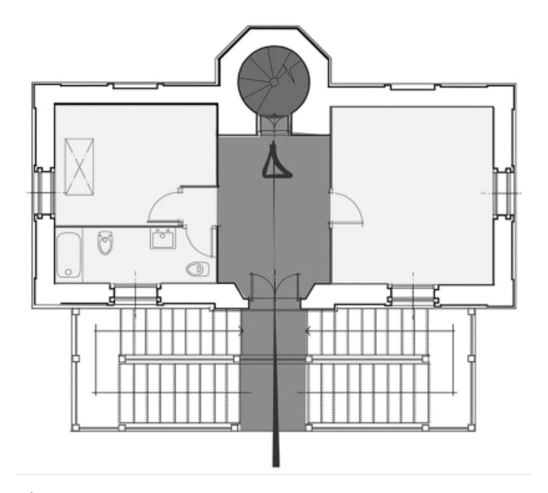


Figura 5
Planta del faro de Zumaia (Llano U.)

Lista de referencias

Almqvist, Ebbe; Cederberg, Göran; Hillberg, Esbjörn y Dan Thunman. 1999. *Lighthouses of the world: A history where land meets sea.* Suecia: Book Sales.

Fisure, R. 2006. *Metereología y Oceanografía*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.

Lawson, John. 2006. *South Biscay, La Gironde to La Coruña*. Royal Crusing Club. Pilotage Foundation. The Basque ports.

Menéndez Solar, Belén. 1997. *Faros del litoral asturiano*. Principado de Asturias. Consejería de Fomento. Servicio de Publicaciones. Oviedo.

Mugica Zufiria, S. 1999. *Geografia de Guipuzcoa. Geografia Politica. I La provincia y su organización (Vol 5.).* Gipuzkoako Foru Aldundia.

Odriozola Oyarbide, Lourdes. 2000. *Estudio histórico del puerto de zumaia. Zumaia: Historia de un puerto*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz.

Precedo Ledo, J.A. 2010. *La Torre de Hércules, una geografía simbólica*. Ed. Nigra Trea, S.L. Pontevedra.

Roda Lamsfus, Paloma De. 2002. *Faros de Gipuzkoa*. Autoridad Portuaria de Pasajes. Ed. Scriptum. Zarautz.

Sánchez Terry, M.A. 1988. *Faros españoles del océano Vol. I. / Faros del País Vasco*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid.

Sánchez Terry, M.A. 1991. *Los faros Españoles: Historia y Evolución.* Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid.

Sanz, Eduaro. 1985. *Faros del País Vasco.* Caja De Ahorros Vizcaina. Bilbao.

Sanz, Eduaro. 1984. *Faros de Cantabria.* Universidad Internacional Menéndez Pelayo.

Catenarias y parábolas en el proyecto de la cooperativa modernista de Pinell de Brai en Tarragona (España)

Josep Lluis i Ginovart
Mónica López Piquer
Judith Urbano Lorente

A principios del siglo XX el arquitecto Cèsar Martinell i Brunet (1888–1973) construye un conjunto de bodegas cooperativas. La más representativa de estas edificaciones es la del Pinell de Brai, proyectada en 1918 y construida entre 1919–1927, bajo la herencia de la teoría geométrica y estructural de Antoni Gaudí i Cornet (1852–1926), al que había conocido en 1915. El estudio de la geometría a través de los croquis del proyecto y el proyecto de obra, depositados en el Archivo Histórico de Colegio de Arquitectos de Catalunya, y la ejecución del edificio, comprobada con un levantamiento realizado mediante escáner láser terrestre (TLS), determina que se formalizó una geometría que tiende a la forma de arcos catenarios y parabólicos. De esta forma, es desarrollada la teoría de la *curve of equilibrium* de Robert Hooke (1635–1703). La base científica para el cálculo de estas estructuras fue desarrollada en la Escuela de Arquitectura de Barcelona (1875), bajo el magisterio de Joan Torras i Guardiola (1827–1910). El estudio demuestra una correspondencia geométrica entre el proyecto y la ejecución de la obra, de manera que los arcos de mayor luz tienden a la cadena, mientras que los situados entre las naves, mucho más pequeños, lo hacen hacia la parábola.

Objetivo

En el año 1918 el arquitecto Cèsar Martinell i Brunet (1888–1973) construye la Cooperativa vinícola del Pinell de Brai, en España. Esta edificación forma parte del conjunto de las llamadas catedrales de vino (1918–1924), las cuales fueron construidas en Cataluña en tiempo de la Mancomunidad Catalana. Este conjunto de edificaciones «noucentistes» puede ser considerado como el último gran conjunto edificado de obra de fábrica catalana (Llorens 2013, 329–342).

El vestigio arquitectónico, de planta rectangular, está compuesto por dos cuerpos diferenciados; el que alberga los 46 depósitos de cemento destinados a contener hasta 2.5 millones de litros de vino y el de la prensa de aceite. La fachada principal está decorada con un friso de baldosas cerámicas, obra del pintor Xavier Nogués y Casas (1873–1940), que representan diversas escenas sobre la vendimia y la caza. La bodega dispone de una estructura de siete vanos estructurales con cuatro arcos curvilíneos cada uno, realizados con ladrillo visto. El objetivo de la investigación es la determinación de la tipología geométrica de estos arcos de fábrica, los cuales corresponden a tres tipologías diferentes (T1, T2, T3), los dos arcos entre las dos naves (T1), el mayor de la nave central (T2) y el de la nave lateral (T3). La función de dichos arcos la definiremos como $f(x_a)$. (Fig.1)

La investigación se apoya en las técnicas de captura masiva de datos con escáner láser terrestre (TLS), las cuales permiten el estudio del patrimonio arquitectónico con gran precisión (Pesci et. Alt. 2012, 215–220), y abren la puerta a nuevas investigaciones sobre la definición constructiva y geométrica de la topografía de curvas complejas (Pavlidis, et. alt. 2007, 93–98).







Figura 1
Arcos de obra de fábrica Cooperativa Pinell de Brai (1919–1927)

Introducción

Cèsar Martinell proyecta y construye unos arcos que pertenecen a la tradición modernista de Antoni Gaudí i Cornet (1852–1926), de quien conoce su obra y hereda su técnica, muestra de ello es la abundante bibliografía que realizó sobre Gaudí, a quién había conocido en una visita organizada por la Escuela de Arquitectura de Barcelona a la Sagrada Familia (1915), cuando está terminando la carrera. Al año siguiente Martinell organiza una exposición en Valls para recaudar fondos para la construcción de la Sagrada Familia. A partir de este momento pasará a formar parte de un *círculo de discípulos* que aprendieron un modo de hacer arquitectura al margen de la oficial de la Universidad (Lacuesta 2002, 120). Para Martinell, Gaudí constituía una lección de vida y de arquitectura mucho más interesante que la mayoría de las que se exponían en las aulas. Las palabras de Gaudí, se tornaban arquitectónicas cuando la exposición de verdades científicas con procedimientos que él había ideado, podían precisar los problemas y conceptos geométricos que en la clase de la Escuela de Arquitectura quedaban confusos (Martinell 1951, 29). Esta es la enseñanza que Martinell extrae de Gaudí, la forma arquitectónica deriva de las verdades científicas, y de ella su arquitectura, expresada a través del conocimiento geométrico y estructural. La teoría estructural de Antoni Gaudí está instalada en la fuerza de la geometría y en especial la derivada de sus formas parabólicas y catenarias (Huerta 2004, 324–339). De esta manera, en una cadena, cualquier fuerza que tira hacia adentro empuja lo mismo hacia fuera. La técnica constructiva utilizada por Cèsar Martinell, es la herencia de aquella utilizada por Gaudí mediante la determinación de las formas geométricas de este tipo de arcos y bóvedas (Alsina et. alt. 2002 pp. 523–558).Teoría ampliamente divulgada entre la práctica profesional, de aquí la conferencia «*La fábrica de ladrillo en la construcción catalana*» (1900) de Josep Domènech i Estapà (1858–1917). En ella determina que las formas parabólicas y catenarias son las líneas de equilibrio de un sistema de cargas distribuidas uniformemente según la proyección horizontal la primera y según la longitud del arco la segunda (Domènech 1900, 37–48).

La teoría de la cadena, puesto que tiene la forma de un collar colgado, fue planteada por Robert Hooke (1635–1703) al final de su tratado *A description of helioscopes, and some other instruments* (1676); donde Hooke proponía una solución que fue revelada como«*Ut pendetcontinuunflexile, sic stabitcontiguumrigiduminversum*» (Hooke 1676, 31). El conocimiento de la forma catenaria fue aplicado por Christopher Wren (1632–1723) en la cúpula de San Pablo (1675), diseño en el que colaboró Robert Hooke (Heyman 2003, 1–11).

Simon Stevin (1548–1620), en *De Beghinselen der Weeghconst* (1586), había demostrado previamente la

ley de equilibrio de un cuerpo sobre un plano inclinado. Allí podemos ver un cable colgante que tiene la forma de una catenaria (Stevin 1586, 41).A pesar de la evidencia proporcionada por la figura, no había ningún método matemático para resolver la ecuación de la catenaria. Esa es la razón por Jakob Bernoulli (1654–1705), en *ActaeEruditorum* (1690), lanzó un reto a la comunidad matemática para resolver este problema (Bernoulli 1690, 217–219).La solución fue publicada en el *ActaeEruditorum* (1691) por Johann Bernoulli (1667–1748), bajo el título *Solutio problematis funicaularii* (Bernoulli 169,1 274–276), conjuntamente con Chistiaan Huygens (1629–1695) con el *Dynastae Zulichemii, solutio problematis funicularii* (Huygens 1691, 281–282).

La ecuación matemática de la catenaria será formulada, algunos años más tarde, por David Gregory (1659–1708), y publicada en la *Philosophical Transactions of the Royal Society* (1697). Gregory afirma que la catenaria es la verdadera forma del arco, ya que si estos se sostienen es porque se puede trazar una catenaria en su interior(Gregory1697, 637–652). James Stirling (1692–1770), en la *Lineae Tertii Ordinis Neutonianae* (1717), recogerá las ideas de la escuela inglesa; donde construye una catenaria mediante unas esferas colgantes, para poder simular el comportamiento de un elemento constructivo (Stirling 1717, 11–14).Esta solución inspiró el análisis que realizó Giovanni Poleni (1683–1761), en la *Memoricéis moriche della Gran Cupola del Tempio Vaticano* (1748) (Poleni 1748, 30–50),quién desarrolla una metodología similar a la de Stirling, para comprender la rotura de la cúpula de la basílica de San Pedro (Heyman 1988, 737–759).

En España el desarrollo y aplicación de esta teoría se lleva a cabo en el contexto de la Academia de Matemáticas de Barcelona (1720). Su referencia principal es el trabajo de Bernard Forest of Bélidor (1698–1761). En *La science des ingénieurs dans la conduite des travaux de fortification et architecture civile* (1729), Libro II, Cap. III. Prop 5, Bélidor plantea la curvatura que conviene dar a una bóveda para que todas sus partes pesen lo mismo y estén en equilibrio (Belidor 1729, 43–45),y cuyo resultado sea una curva con forma de catenaria. Por ello determina, en las construcciones militares, hasta cinco topologías de bóvedas diferentes; las de medio punto, las de apuntadas a tercio punto, las elípticas dibujadas como arco rebajado, las planas, y las derivadas de la cadena (Belidor 1729, Libro II, 1–65).En este mismo momento en la *De la poussée des voûtes* (1729) de Pierre Couplet (+1743), se refiere también a la *chaînette*, cadena colgante, como la mejor de todas las formas para la construcción de bóvedas. Añade, que si se quisiera construir sobre una parte cualquiera de esta bóveda, habría que añadir a la parte correspondiente de esta cuerda colgante un peso proporcional al de la construcción con que se la debe cargar, así la curva que forme será la que haya que emplear (Couplet 1729, 75–81). Estos conocimientos de la Academia permitieron a los ingenieros militares españoles del siglo XVIII el proyecto de algunas bóvedas catenarias y utilizadas en la construcción de almacenes de pólvora (Lluis i Ginovart 2015).

Por otra parte, la introducción de estos conocimientos en el ámbito de la formación del arquitecto se realizará a través de la Escuela Especial de Arquitectura de Madrid (1844), con el *Traite Theorique et Pratique de L'art de bâtir* (1802–1817) de Jean-Baptiste Rondelet (1742–1829). En él se pone de relieve el trazado de arcos catenarios mediante el método de la cadena y otro método grafico de complicada ejecución (Rondelet 1804, 137–145). Otro texto al uso de las escuelas de arquitectura va a ser el tratado de John Millington (1779–1868) traducido bajo el titulo *Elementos de arquitectura* (1848) donde se determina la teoría de Hooke y el trazado de la catenaria (Millington 1848, 472–477).La base científica para el cálculo de estas estructuras fue desarrollada en la Escuela de Arquitectura de Barcelona (1875), bajo el magisterio estructural de Joan Torras i Guardiola (1827–1910) (Graus; Martin-Nieva 2015, 341–351).

Metodología

Existen dos fases diferenciadas para la determinación geométrica de estos arcos; los croquis previos del proyecto definitivo, y su posterior construcción. El criterio está basado en la comprobación de la hipótesis de la utilización de posibles arcos catenarios o parabólicos. Estos se definirían mediante una ecuación geométrica de la catenaria [1] y la parábola [2];

$$f(x_c) = m.Cos\,(\frac{x}{m}) \quad [1]$$

$$f(x_p) = p\,\frac{x^2}{2T_0}\,[\quad [2]$$

Dónde m = T_o /p. T_o representa la tensión horizontal y p el peso por unidad de longitud de un elemento colgante.

La metodología va a consistir en el análisis del proyecto existente en el Archivo Histórico del Colegio de Arquitectos de Catalunya. En él existe el pliego de condiciones, el presupuesto, a la vez que todo una seria de bocetos de trabajo AHCOAC [C222–170] y a su vez los planos definitivos del proyecto [H108I/18/170].

Para determinar el de diseño y el encaje geométrico, se analizarán los planos del proyecto definitivo, la sección del edificio 1/100, croquis [H101I/6/reg.2502], copia heliográfica [H103A/14 /reg. 2290] y su detalle [C222/170/2.4]con la copia heliográfica [H103A/1/reg.2293] a escala 1/50. Se analizan ocho arcos; cuatro ($A_{170–2.4.a}$ … $A_{170–2.4.d}$) y sendos ($A_{2502.a}$… $A_{2502 \cdot d}$) (Fig. 2).

Los croquis [C222/170/1.1], [C222/170/1.2], [C222/170/2.6],se utilizan para el cálculo de arcos mediante polígonos funiculares; determinado hasta seis arcos; $A_{170–1.1.a,}$ $A_{170–1.1.b}$, $A_{170–1.2.a}$, $A_{170–1.2.b}$, $A_{170–1.2.c}$, $A_{170–2.6.a}$.

Estos dibujos, sirven de base para determinar las improntas de base de trazado auxiliar, esencialmente líneas auxiliares, puntas e incisiones sobre el papel y remarcado de lápiz de grafito. Estas trazas se han escalado según la proporción grafica de 5cm de sus reproducciones, realizado un calco del dibujo.

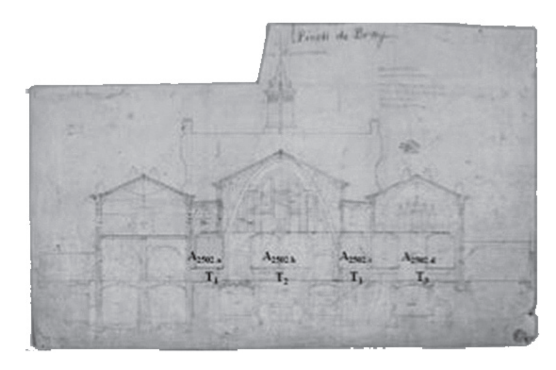


Figura 2
Croquis de Cèsar Martinell de la sección transversal [H101I-6-Reg 2502].

Por otra parte, se va a constatar la realidad geometría constructiva ejecutada entre 1919–1929. Para ello se utiliza la topografía del edificio que ha sido levantado en la campaña Pinell Brai (2015)[1]. El proceso ha sido realizado mediante una estación LeicaScanStation P20 y P40[2].La información geométrica de cada una de las posiciones se ha procesado con el software «Cyclone», para posteriormente ser tratado gráficamente vectorialmente con el programa de Autocad. Existen un total de 28 arcos en las siete crujías es-

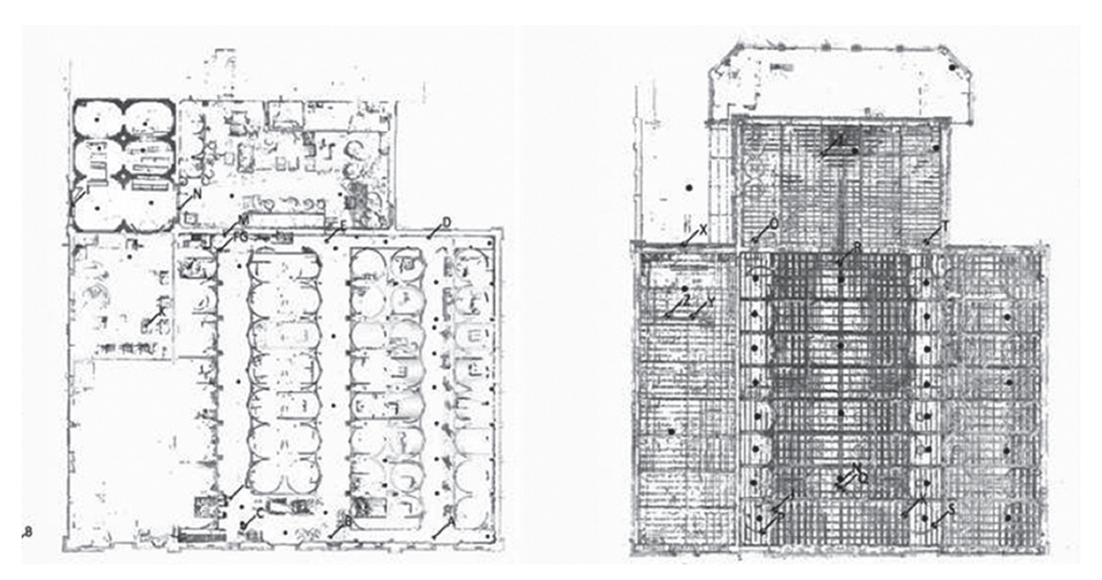


Figura 3
Levantamiento topográfico scan laser terrestre (Coll, Joser, Lluis)

tructurales; ($A_{1.a}$, $A_{1.b}$,$A_{1.c}$, $A_{1.d}$ … $A_{7.a}$, $A_{7.b}$,$A_{7.c}$, $A_{7.d}$). (Fig. 3)

Finalmente se realizará la comparación de los datos tanto del proyecto como de la obra $f(x_a)$, con las funciones catenarias $f(x_c)$ y parábola $f(x_p)$, mediante el aplicativo informático Innersoftque permite el trazado vectorial de las curvas a través de polilíneas, estableciendo un error de ($1x10^{-11}$) y un número de divisiones en función de la longitud de la curva[3]. Para ello se fijan tres puntos comunes, el vértice (x_1, y_1) y sus dos impostas (x_2, 0) y (x_3,0). Para ello se comprobará la longitud $Lf(x_a)$, con la $Lf(x_c)$[3] y la $Lf(x_p)$ [4].

$$Lf(x_c)=\int_{x2}^{x3} Cos\,(\frac{x}{m})\,.\,dx \quad [3]$$

$$Lf(x_p)=\int_{x2}^{x3} \frac{Px^2}{2To}.\,dx \quad [4]$$

También las superficies Sf(xa), con las Sf(xc) [5] y la Sf(xp) [6].

$$Sf(x_c)=\int_{x2}^{x3}\int_{0}^{y1} Cos\,(\frac{x}{m})\,.\,dxdy \,|\, [5]$$

$$Sf(x_p)=\int_{x2}^{x3}\int_{0}^{y1} \frac{Px^2}{2To} dxdy \quad [6]$$

La construcción de la Bodega Cooperativa Pinell de Brai

La Bodega y Molino de Aceite del Sindicato Agrícola de Pinell de Brai, alberga un espacio dedicado a molino de aceite, con una nave de directriz perpendicular a la fachada principal de dimensiones de 13,26 m × 21,130 m, cubierta con 7 cerchas de madera de 10,14 m de luz. Dispone de un anexo abovedado de dos crujías y cubiertas con seis bóvedas construidas con obra de fábrica. El cuerpo principal, dedicado a la bodega, se construye en forma de tres naves frontales, dos construidas con arcos de fábrica y la otra cubierta con cerchas de madera, tiene unas dimensiones de 32,08 m × 31,04 m. El espacio construido con arcos de fábrica se cubre a partir de siete pórticos que distribuyen seis espacios de 3,50 m de ancho y dos crujías extremas de 5,15 m. Los siete pórticos de obra de fábrica disponen de cuatro arcos por crujía (A_1…A_7), con tres tipologías de medidas diferentes, el central T_2, ($A_{1.b}$…$A_{7.b}$), el de la nave lateral T_2($A_{1.d}$…$A_{7.d}$), y dos situadas entre las tres naves, ($A_{1.a}$…$A_{7.a}$), y ($A_{1.c}$…$A_{7.c}$) de tipo T_1 (Figura 4).

Las medidas de los arcos de los siete vanos estructurales, definiendo las luces y flechas y su relación se establecen en la Tabla 1.

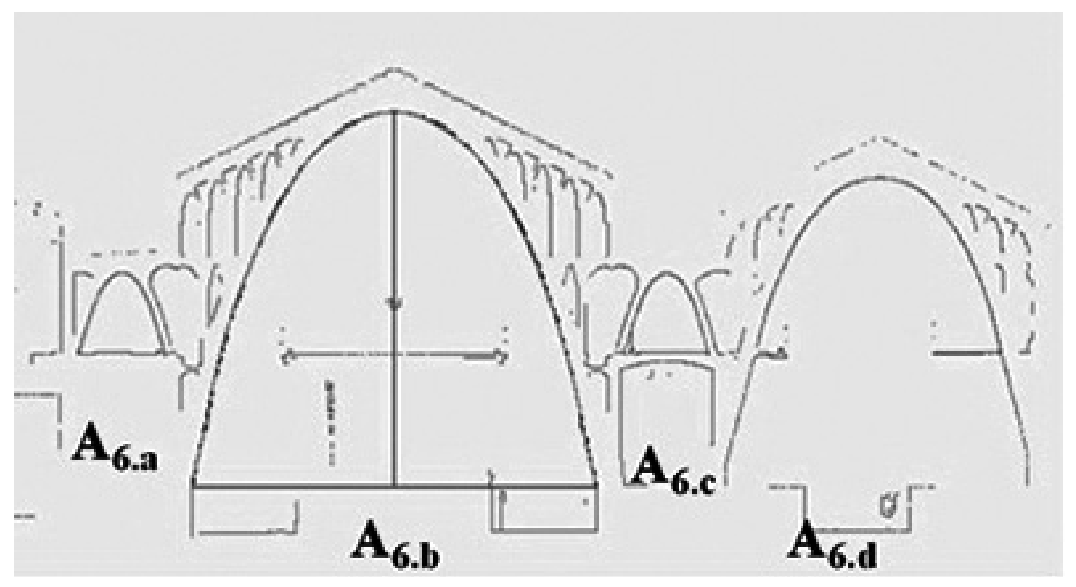


Figura 4
Detalle de crujía 6, con los arcos $A_{6.a,}$ $A_{6.b}$ $A_{6.c}$ y $A_{6.d}$

	Secció 1				Secció 2				Secció 3				Secció 4			
	1.2	1.3	1.4	1.5	2.2	2.3	2.4	2.5	3.2	3.3	3.4	3.5	4.2	4.3	4.4	4.5
Fletxa arc	2,76	12,48	2,66	9,23	2,72	12,52	2,71	9,25	2,73	12,49	2,70	9,35	2,74	12,32	2,70	9,17
Llum arc	2,91	13,55	2,87	10,10	2,89	13,57	2,82	10,07	2,89	13,59	2,84	10,08	2,91	13,53	2,84	9,99
l/f	1,06	1,09	1,08	1,09	1,06	1,08	1,04	1,09	1,06	1,09	1,05	1,08	1,06	1,10	1,05	1,09
	Secció 5				Secció 6				Secció 7							
	5.2	5.3	5.4	5.5	6.2	6.3	6.4	6.5	7.2	7.3	7.4	7.5				
Fletxa arc	2,67	12,49	2,66	9,38	2,69	12,53	2,65	9,30	2,67	12,37	2,68	9,39				
Llum arc	2,88	13,58	2,81	10,09	2,87	13,59	2,81	10,07	2,89	13,54	2,82	10,09				
l/f	1,08	1,09	1,06	1,08	1,07	1,08	1,06	1,08	1,08	1,09	1,05	1,07				

Tabla 1
Datos geométricos de los vanos estructurales de la ejecución de la obra de Pinell de Brai

El Proyecto de Bodega y Molino de Aceite del Sindicato Agrícola de Pinell de Brai

En la carpeta del Proyecto de Bodega y Molino de Aceite del Sindicato Agrícola de Pinell de Brai, [C222–170], existe una sección transversal, a escala 1/100, en copia heliográfica, donde las tres naves de la bodega están cubiertas mediante cerchas de madera [C222/170/1.5], pero con una rectificación mediante trazas de grafito, sustituyendo las cerchas con arcos. Este cambio dará lugar a un nuevo croquis [H101I/6/reg.2502] y su copia heliográfica [H103A/14 /reg. 2290]. En esta sección, a escala 1/100, proyecta cuatro arcos de fábrica y una cercha. En el dibujo del intradós del arco $A_{2502 \cdot d}$, existen 13 incisiones sobre el papel, secuencia se repite en una curva paralela. Todo hace pensar, a priori, que dicho arco pudiera estar trazado mediante una cadena. El arco $A_{2502 \cdot d}$ y el $A_{reg.2502 \cdot a}$ que están dibujados a sentimiento, mientras que él $A_{reg.\ 2502.c}$, está trazado mediante un sistema de traslación de nueve puntos coordenados (x,y).

El croquis la sección [C222/170/2.4] a escala 1/50 y sula copia heliográfica [H103A/1/reg.2293] representan los cuatro arcos del vano estructural ($A_{170/2.4 \cdot d}$ … $A_{170/2.4 \cdot g}$) definidos en la Tabla 2. En él que se observa el transporte de las medidas de los arcos, mediante el sistema de puntos (x,y). En los arcos $A_{170/2.4 \cdot d}$ y $A_{170/2.4 \cdot f}$ se transportan 9 puntos, en el $A_{170/2.4 \cdot e}$, 17 puntos, y el $A_{C222/170/2.4 \cdot f}$ 19 puntos. A través de estos puntos del encaje del dibujo, se puede verificar la aproximación del trazado de estos arcos. La delineación se realiza considerando una primera parte con tramos rectos en el arranque del arco, mientras que en la parte superior se realiza en forma de tramos curvos.

El croquis [C222–170–1.1] representa el arco principal de la nave central [$A_{170–1.1.b}$] y su adyacente [$A_{170–1.1.a}$]. El dibujo no dispone de escala, pero la proporción es de 1/50, los arcos están dibujados mediante la traslación de puntos coordenados. La traza [C222/170/1.2] determina la sección transversal del edificio a escala 1/50, con el arco de la nave central [$A_{170–1.2.b}$], y lateral [$A_{170–1.2.c}$], así como el colateral de la nave cubierta con la cercha [$A_{170–1.2.a}$]. Existe además, un detalle constructivo a escala 1/10 del arco [$A_{170–1.2.b}$], en el que determina una sección estructural 1,982 m^2. El arco [$A_{170–1.2.c}$] dibujado en su mitad, está construido mediante la traslación y escalado de ordenadas y abscisas. En el dibujo [C222/170/2.6] a escala 1/50 con un solo arco [$A_{170–2.6.a}$] esta trazado mediante diecisiete puntos por un sistema de traslación y escalado de coordenados

En el Proyecto [H108I/18/170] se especifica las características y procedencia del ladrillo cerámico. En los precios descompuestos del Presupuesto distingue tres tipos de material cerámico: el de obra corriente, con ladrillos procedentes de Benisanet y Tortosa; la obra vista de la villa de Mora; y la aplantillada para la obra de los arcos procedente de la ciudad de Reus. En el Pliego de Condiciones expone las características mecánicas con una resistencia a compresión de 60 KN/mm^2, de tracción 18 KN/mm^2, que ha de tener una absorción menor del 14% de su peso[4]. En el presupuesto determina que los arcos de fábrica, dispongan

AC22/170/2.4.d - T1							
p	(x0-xi)	y	Δ(x0-xi)	Δy	E	X (m)	Y (m)
1	5,70	0,00	0,0	1,9	2	2,85	0,00
2	4,58	1,88	1,1	1,7	2	2,29	0,94
3	3,41	3,61	1,2	1,3	2	1,71	1,81
4	2,18	4,92	1,2	0,8	2	1,09	2,46
5	0,00	5,74	2,2	0,0	2	0,00	2,87
6							
7							
8							
9							
10							
(l/f) c	5,70	5,74				2,85	2,87
hi		5,74					2,87
he		6,53					3,27

AC22/170/2.4.e - T2							
p	(x0-xi)	y	Δ(x0-xi)	Δy	E	X (m)	Y (m)
1	27,70	0,00	0,0	5,8	2	13,85	0,00
2	25,20	5,77	2,5	3,0	2	12,60	2,89
3	23,58	8,73	1,6	4,9	2	11,79	4,37
4	20,41	13,66	3,2	5,1	2	10,21	6,83
5	16,09	18,71	4,3	2,5	2	8,05	9,36
6	12,88	21,17	3,2	2,5	2	6,44	10,59
7	8,14	23,63	4,7	1,4	2	4,07	11,82
8	3,16	25,02	5,0	0,3	2	1,58	12,51
9	0,00	25,33	3,2	0,0	2	0,00	12,67
10							
(l/f) c	27,70	25,33				13,85	12,67
hi		28,28					14,14
he		30,33					15,17

AC22/170/2.4.g - T1							
p	(x0-xi)	y	Δ(x0-xi)	Δy	E	X (m)	Y (m)
1	5,70	0,00	0,0	1,9	2	2,85	0,00
2	4,63	1,92	1,1	1,7	2	2,32	0,96
3	3,47	3,61	1,2	1,3	2	1,74	1,81
4	2,24	4,92	1,2	0,8	2	1,12	2,46
5	0,00	5,75	2,2	0,0	2	0,00	2,88
6							
7							
8							
9							
10							
(l/f) c	5,70	5,75				2,85	2,88
hi		5,75					2,88
he		6,32					3,16

AC22/170/2.4.f - T3							
p	(x0-xi)	y	Δ(x0-xi)	Δy	E	X (m)	Y (m)
1	21,28	0,00	0,0	7,2	2	2,95	0,00
2	17,63	7,21	3,7	1,5	2	11,60	3,61
3	16,86	8,73	0,8	1,9	2	8,83	4,37
4	15,75	10,64	1,1	2,6	2	6,06	5,32
5	14,12	13,24	1,6	3,9	2	3,60	6,62
6	10,36	17,16	3,8	2,1	2	4,89	8,58
7	6,98	19,28	3,4	0,5	2	13,69	9,64
8	5,80	19,79	1,2	0,5	2	11,84	9,90
9	4,22	20,28	1,6	0,5	2	8,12	10,14
10	0,00	20,80	4,2	0,0	2	0,00	10,40
(l/f) c	21,28	20,80				10,64	10,40
hi		23,82					11,91
he		25,77					12,89

Tabla 2
Datos geométricos del proyecto de arcos de fábrica ($A_{C222/170/2.4 \cdot i}$)

de un refuerzo de los tirantes de acero aunque no sean necesarios por cálculo que los arriostren entre ellos y el muro de cerramiento, detallado en la secciones del proyecto definitivo [H101I-1-Reg 2293].

Discusión de resultados diseño Proyecto y ejecución Obra

De los datos obtenidos se observan diferencias significativas entre las medidas del proyecto y los de la ejecución de la obra, que en general, son más pequeñas. La relación (f/l) en los arcos T_1 se ve reducida has un 7,37%.La luz del arco principal del tipo T_2 se reduce el 2,08% y el arco T_3de la nave lateral sea corta su flecha hasta el 10,61%.

Del análisis de los resultados geométricos de los arcos del proyecto según la Tabla 3, se observa que el único arco que podría ser trazado mediante la cadena es el [$A_{2502 \cdot d}$]. Se determina que su función geométrica, $f(x_{a2502.d})$ no es una ecuación catenaria $f(x_{c2502.d})$. La curva así trazada se aproxima enormemente a ella, $f(x_c)$, con una desviación en cuanto a su superficie de 1,86% y su longitud 0,38%. Estos re-

Comparativa **obra** - parábola/catenaria		Secció 1				Secció 2				Secció 3				Secció 4				Secció 5				Secció 6				Secció 7			
		1.2	1.3	1.4	1.5	2.2	2.3	2.4	2.5	3.2	3.3	3.4	3.5	4.2	4.3	4.4	4.5	5.2	5.3	5.4	5.5	6.2	6.3	6.4	6.5	7.2	7.3	7.4	7.5
Area (m2)	Arco	5,44	120,88	5,16	66,14	5,32	121,31	5,24	65,78	5,35	120,77	5,21	66,93	5,37	118,80	5,18	64,90	5,16	121,34	5,06	66,87	5,24	121,57	5,03	66,42	5,19	119,45	5,13	67,09
	Parábola	5,353	112,856	5,083	62,161	5,242	113,182	5,094	62,075	5,274	113,098	5,11	62,868	5,282	111,112	5,113	61,066	5,119	112,804	4,993	63,103	5,159	113,478	4,957	62,403	5,158	111,657	5,045	63,165
	Catenaria	5,76	121,57	5,48	66,94	5,67	121,95	5,51	66,86	5,73	121,85	5,51	67,76	5,70	119,62	5,53	65,77	5,52	121,83	5,38	68,02	5,56	122,26	5,37	67,24	5,55	120,23	5,44	68,10
	Dif. Parábola	**0,09**	**8,02**	**0,07**	**3,98**	**0,08**	**8,13**	**0,14**	**3,71**	**0,07**	**7,68**	**0,09**	**4,06**	**0,09**	**7,69**	**0,07**	**3,84**	**0,04**	**8,54**	**0,07**	**3,77**	**0,08**	**8,10**	**0,08**	**4,02**	**0,03**	**7,79**	**0,09**	**3,92**
	Dif. Catenaria	**–0,31**	**–0,70**	**–0,32**	**–0,80**	**–0,35**	**–0,64**	**–0,27**	**–1,08**	**–0,39**	**–1,08**	**–0,31**	**–0,83**	**–0,33**	**–0,82**	**–0,34**	**–0,87**	**–0,36**	**–0,49**	**–0,32**	**–1,15**	**–0,32**	**–0,69**	**–0,34**	**–0,82**	**–0,37**	**–0,78**	**–0,31**	**–1,01**
Longitud (m)	Arco	6,53	30,07	6,33	22,40	6,45	30,14	6,41	22,36	6,47	30,10	6,38	22,59	6,49	29,75	6,39	22,19	6,34	30,13	6,30	22,59	6,39	30,20	6,27	22,48	6,36	29,85	6,35	22,63
	Parábola	6,49	29,57	6,29	21,92	6,41	29,64	6,35	21,93	6,44	29,60	6,35	22,12	6,45	29,28	6,35	21,74	6,31	29,61	6,27	22,18	6,35	29,67	6,23	22,02	6,33	29,37	6,30	22,19
	Catenaria	6,62	30,16	6,42	22,35	6,55	30,23	6,49	22,36	6,60	30,19	6,48	22,56	6,58	29,86	6,48	22,18	6,44	30,20	6,39	22,62	6,48	30,26	6,37	22,46	6,46	29,95	6,42	22,64
	Dif. Parábola	**0,04**	**0,49**	**0,04**	**0,48**	**0,04**	**0,50**	**0,06**	**0,44**	**0,04**	**0,50**	**0,04**	**0,48**	**0,04**	**0,47**	**0,04**	**0,45**	**0,03**	**0,53**	**0,04**	**0,42**	**0,04**	**0,53**	**0,04**	**0,46**	**0,02**	**0,48**	**0,04**	**0,43**
	Dif. Catenaria	**–0,09**	**–0,10**	**–0,08**	**0,04**	**–0,10**	**–0,09**	**–0,07**	**0,00**	**–0,12**	**–0,09**	**–0,09**	**0,03**	**–0,09**	**–0,11**	**–0,09**	**0,02**	**–0,10**	**–0,06**	**–0,08**	**–0,02**	**–0,09**	**–0,06**	**–0,09**	**0,02**	**–0,10**	**–0,10**	**–0,08**	**–0,01**

Comparativa **projecte** - parábola/catenaria		H101I-6-Reg-2502				170-2-4				170-1-1		170-1-2			170-2-6
		a	b	c	d	d	e	f	g	a	b	a	b	c	a
Area (m2)	Arco	4,98	105,16	5,12	66,72	5,42	124,29	5,44	77,79	76,26	5,63	6,15	121,11	75,27	123,11
	Parábola	4,80	102,17	4,86	63,03	5,45	116,99	5,47	73,77	72,56	5,44	5,62	104,58	68,69	115,08
	Catenaria	5,17	109,21	5,34	67,96	5,91	125,98	5,93	79,78	78,45	5,92	6,14	112,08	74,54	123,95
	Dif. Parábola	**0,18**	**2,99**	**0,26**	**3,69**	**–0,03**	**7,30**	**–0,03**	**4,02**	**3,70**	**0,19**	**0,53**	**16,53**	**6,58**	**8,03**
	Dif. Catenaria	**–0,19**	**–4,05**	**–0,22**	**–1,24**	**–0,48**	**–1,69**	**–0,49**	**–1,99**	**–2,19**	**–0,29**	**0,00**	**9,04**	**0,73**	**–0,84**
Longitud (m)	Arco	6,38	27,55	6,45	22,55	6,67	30,51	6,68	24,71	24,44	6,71	6,90	29,06	24,30	30,36
	Parábola	6,40	27,37	6,36	22,19	6,65	30,07	6,67	24,29	24,06	6,61	6,76	27,93	23,78	29,85
	Catenaria	6,48	27,88	6,55	22,63	6,80	30,67	6,81	24,78	24,55	6,77	6,95	28,47	24,27	30,45
	Dif. Parábola	**–0,01**	**0,19**	**0,09**	**0,36**	**0,02**	**0,44**	**0,01**	**0,42**	**0,38**	**0,10**	**0,14**	**1,13**	**0,52**	**0,51**
	Dif. Catenaria	**–0,09**	**–0,32**	**–0,10**	**–0,09**	**–0,13**	**–0,16**	**–0,13**	**–0,08**	**–0,11**	**–0,07**	**–0,05**	**0,59**	**0,03**	**–0,08**

Tabla 3
Datos geométricos de los arcos de fábrica estructurales del proyecto

Comparativa obra - parábola/catenaria		Secció 1				Secció 2				Secció 3				Secció 4			
		1.2	1.3	1.4	1.5	2.2	2.3	2.4	2.5	3.2	3.3	3.4	3.5	4.2	4.3	4.4	4.5
Area (m2)	Arco	5,44	120,88	5,16	66,14	5,32	121,31	5,24	65,78	5,35	120,77	5,21	66,93	5,37	118,80	5,18	64,90
	Parábola	5,353	112,856	5,083	62,161	5,242	113,182	5,094	62,075	5,274	113,098	5,11	62,868	5,282	111,112	5,113	61,066
	Catenaria	5,76	121,57	5,48	66,94	5,67	121,95	5,51	66,86	5,73	121,85	5,51	67,76	5,70	119,62	5,53	65,77
	Dif. Parábola	**0,09**	**8,02**	**0,07**	**3,98**	**0,08**	**8,13**	**0,14**	**3,71**	**0,07**	**7,68**	**0,09**	**4,06**	**0,09**	**7,69**	**0,07**	3,84
	Dif. Catenaria	**–0,31**	**–0,70**	**–0,32**	**–0,80**	**–0,35**	**–0,64**	**–0,27**	**–1,08**	**–0,39**	**–1,08**	**–0,31**	**–0,83**	**–0,33**	**–0,82**	**–0,34**	**–0,87**
Longitud (m)	Arco	6,53	30,07	6,33	22,40	6,45	30,14	6,41	22,36	6,47	30,10	6,38	22,59	6,49	29,75	6,39	22,19
	Parábola	6,49	29,57	6,29	21,92	6,41	29,64	6,35	21,93	6,44	29,60	6,35	22,12	6,45	29,28	6,35	21,74
	Catenaria	6,62	30,16	6,42	22,35	6,55	30,23	6,49	22,36	6,60	30,19	6,48	22,56	6,58	29,86	6,48	22,18
	Dif. Parábola	**0,04**	**0,49**	**0,04**	**0,48**	**0,04**	**0,50**	**0,06**	**0,44**	**0,04**	**0,50**	**0,04**	**0,48**	**0,04**	**0,47**	**0,04**	0,45
	Dif. Catenaria	**–0,09**	**–0,10**	**–0,08**	**0,04**	**–0,10**	**–0,09**	**–0,07**	**0,00**	**–0,12**	**–0,09**	**–0,09**	**0,03**	**–0,09**	**–0,11**	**–0,09**	**0,02**

Comparativa obra - parábola/catenaria		Secció 5				Secció 6				Secció 7			
		5.2	5.3	5.4	5.5	6.2	6.3	6.4	6.5	7.2	7.3	7.4	7.5
Area (m2)	Arco	5,16	121,34	5,06	66,87	5,24	121,57	5,03	66,42	5,19	119,45	5,13	67,09
	Parábola	5,119	112,804	4,99	63,103	5,159	113,478	4,957	62,403	5,158	111,657	5,045	63,165
	Catenaria	5,52	121,83	5,38	68,02	5,56	122,26	5,37	67,24	5,55	120,23	5,44	68,10
	Dif. Parábola	**0,04**	**8,54**	**0,07**	**3,77**	**0,08**	**8,10**	**0,08**	**4,02**	**0,03**	**7,79**	**0,09**	**3,92**
	Dif. Catenaria	**–0,36**	**–0,49**	**–0,32**	**–1,15**	**–0,32**	**–0,69**	**–0,34**	**–0,82**	**–0,37**	**–0,78**	**–0,31**	**–1,01**
Longitud (m)	Arco	6,34	30,13	6,30	22,59	6,39	30,20	6,27	22,48	6,36	29,85	6,35	22,63
	Parábola	6,31	29,61	6,27	22,18	6,35	29,67	6,23	22,02	6,33	29,37	6,30	22,19
	Catenaria	6,44	30,20	6,39	22,62	6,48	30,26	6,37	22,46	6,46	29,95	6,42	22,64
	Dif. Parábola	**0,03**	**0,53**	**0,04**	**0,42**	**0,04**	**0,53**	**0,04**	**0,46**	**0,02**	**0,48**	**0,04**	**0,43**
	Dif. Catenaria	**–0,10**	**–0,06**	**–0,08**	**–0,02**	**–0,09**	**–0,06**	**–0,09**	**0,02**	**–0,10**	**–0,10**	**–0,08**	**–0,01**

Tabla 4
Datos geométricos de los arcos de fábrica estructurales ejecutados en la obra.

sultados están dentro de un error posible, debido tanto a la pequeña escala del dibujo, E:1/100, como a la previsible heterogeneidad lineal del peso del elemento colgante. Este arco tiene una tipología T_3, y los otros dos arcos de los croquis del proyecto [$A_{170–2.4.\ g}$] y [$A_{170–1.2.c}$], están trazados mediante traslación de puntos (x, y), ambos arcos tienden geométricamente a la forma catenaria, aunque sus escalas están son diferentes, E:1/50.

El existen cinco trazas del arco de la nave central tipo T_2en el proyecto del Pinell. Tres de estos arcos que están trazados por traslación de puntos (x,y), y tienden geométricamente a la catenaria, mientras que el [$A_{2502^{\cdot}b}$] que esta trazado a sentimiento, tiende geométricamente hacia la parábola. De los seis arcos T_1, los existentes entre naves, cuatro de ellos tienden a la forma de la parábola, tres ellos trazados mediante puntos (x,y), y dos hacia la catenaria.

En la ejecución de la obra, los arcos más pequeños del tipo T_1, [$A_{i1,}$ A_{i3}], tienden geométricamente a la forma parabólica ya que la tanto el rango de desviación en cuanto a la longitud [0,33–0,97%] y la de su superficie [0,60–2,75%]. Así la función f(x_a) se aproximan mucho más a f(x_p) parabólica. Los arcos más grandes del tipo T_2[$A_{i2,}$] y T_3, [A_{i4}], tienden formalmente hacia la catenaria ya que la tanto la longitud [0,00–0,36] y superficie [0,40–1,72] f(x_a) se aproximan a estos parámetros de f(x_c) catenaria (Tabla 4)

En la medida de los arcos de la obra ($A_{1.a}$, $A_{1.b}$,$A_{1.c}$, $A_{1.d}$ … $A_{7.a}$, $A_{7.b}$,$A_{7.c}$, $A_{7.d}$) se aprecia que los arcos no tienen las mismas dimensiones. Los rangos luz/flecha varían de proporción, así los $A_{i.a}$ [1,06–1,08], los $A_{i.b}$ [1,08–1,10], $A_{i.c}$ [1,04–1,08] y los $A_{i.d}$ [1,07–1,09]. Los arcos $T_{1,}$ definidos como $A_{i.a}$y$A_{i.c}$ que tienden a forma parabólica f(x_p), percibiendo unas variaciones en cuanto a la luz de 0,05 m, y su flecha

oscila 0,07 m. Las luces de los arcos $T_{2,}$el de la nave central$A_{i.b}$y T_3de la nave lateral, $A_{i.c}$ que tienden a la forma catenaria $f(x_c)$. Sus medidas tienen un rango de variación en la luz [0,06–0,11 m], y en la flecha [0,16–0,21 m]. Tienen unos errores relativos máximos sobre la media de la luz de 1,09% y la flecha de 1,73%, teniendo en cuenta en estos datos, de la gran dispersión formal del arco $A_{4.c.}$

En cuanto al trazado geométrico de $f(x_a)$, se deduce del proyecto, que el arco [$A_{2502 \cdot d}$], tipo T_3, está trazado con el método de cadena. Los otros cuatros arcos definidos en el proyecto del tipo T_2 y T_3 que tienden a la catenaria, y utilizan la traslación de ordenadas y abscisas para su trazado. Para ello no se ha podido utilizar la propiedad homotética de la cadena, dado que el rango (l/f) de los arcos [0,90–1,09], es diferente a la del $A_{2502 \cdot d}$ s[1,12]. El trazado de estos arcos se realiza aproximando la parte inferior del arco cercano a la imposta por medio de dos o tres tramos rectos. Esta parte rectilínea llega a alcanzar hasta el 63,68% de la su luz. En la construcción de los arcos 14 arcos T_2 y T_3 de la obra tienden a $f(x_c)$, y realizados mediante unas cimbras en forma de cadena, dado al escaso valor del error relativo entre las funciones $f(x_a)$ y $f(x_c)$. Las medidas verticales de estos arcos tienen una secuencia alternada, por lo que parece indicar que se utilizaron, al menos, dos cimbras diferentes. Como también lo es la geometría de las cimbras, en el caso de los arcos de la nave lateral ($A_{i.d}$), T_3, la forma geométrica tiende hacia exterior de la catenaria en la zona de clave, mientras que hacia el interior en el arranque. En los arcos de la nave central ($A_{i.b}$), T_2, la semejanza geométrica entre arco y catenaria es inversa a la del (A_{i4}), tendiendo hacia el interior de la cadena en la clave y hacia el exterior en la imposta.

En proyecto los arcos T_3, tres tienden a la forma parabólica. Fueron trazados mediante la traslación de puntos. Aproximan su forma por medio de tramos rectos situados cerca de imposta llegando alcanza el 63,30% de su luz. Los arcos ($A_{i.a}$) y ($A_{i.c}$) tipo $T_{3,}$ han sido construidos mediante cimbras tendentes a la parábola, pero no podemos determinar cómo se trazaron.

Conclusión

En cuanto a su medida, los arcos estructurales que traza Cèsar Martinell en el proyecto y los que se ejecuta en obra no son coincidentes. En la obra los arcos tienden a tener menor luz y flecha, y especialmente los de mayor dimensión T_2 y T_3

En cuanto a la geometría podemos decir que en el proyecto los arcos $f(x_a)$, tienden a la aproximación formal de la parábola $f(x_p)$ y la catenaria $f(x_c)$. Aunque existe una pequeña dispersión general, podemos decir que los arcos tipo T_1, situados entre las naves, tienden a la forma parabólica $f(x_p)$, y están trazados mayoritariamente mediante traslación de puntos (x,y). Por otra parte, los arcos de mayor luz, situados en la nave central tipo T_2 y la lateral T_3, se recogen geométricamente hacia la catenaria $f(x_c)$.La aproximación al trazado de las parábolas y las catenarias se realizan por medio de tramos rectos que llegan a alcanzar hasta una altura del 63,68% de la luz de estos arcos.

En la construcción de la Cooperativa ninguno de los 28 arcos $f(x_a)$, cumplen geométricamente la ecuación de la catenaria $f(x_c)$, ni la de la parábola $f(x_p)$. Los catorce arcos más pequeños ($A_{i.a}$, $A_{i.c}$), tipo T_1, tienden todos ellos hacia la forma parabólica $f(x_p)$, mientras que los de mayor luz ($A_{i.b}$, $A_{i.d}$) tipo T_2 y T_3, tienden todos ellos hacia la forma de la cadena $f(x_c)$.

Existe así una correspondencia geométrica entre el proyecto y la ejecución de la obra, de manera que los arcos de mayor luz tienden a la cadena, mientras que los situados entre las naves lo hacen hacia la parábola.

Notas

1. Realizada 16/03/2015 Sacan Laser P20, 37 posicionamientos temperatura (2,2º–14,2º) y el 14/04/2015 Sacan Laser P40, 38 estaciones, temperatura (5,8º–24,4º), UTM X, UTM Y: 284069, 4549245.
2. [P20] Precisión en 3D 3mm a 50m; 6mm a100m, error lineal menor o igual a 1mm. Precisión angular 8” horizontal /8” vertical. Desviación estándar en la adquisición de dianas 2mm a 50m. Ultra-high speed time-of-flight scanner, longitud de onda 808 nm (invisible) / 658 nm (visible). Laserclase 1 (IEC 60825:2014), rango de 120m a 0,4m. [P40] Precisión en 3D 3mm a 50m; 6mm a 100m. Precisión angular 8” horizontal/8” vertical. Desviación estándar en la adquisición de dianas 2mm a 50m. Ultra-high speed time-of-flight scanner enhanced by Waweform.Digitising (WFD) technology, longitud de onda 1550 nm (invisible) / 658 nm (visible). Laserclase 1 (IEC 60825:2014), rango de 120m a 0,4m.
3. Es un complemento para AutoCAD. La catenaria puede dibujarse con una spline, una polilínea 3D o una LW-

Polyline con arcos. La ecuación utilizada es y = a·cosh (x / a), donde a = (To / P), y donde (To) es la componente horizontal de la tensión, que es constante y P es el peso por unidad de longitud.

4. Articulo 13: Estará fabricado con barro arcilloso de primera calidad, y sin materiales extrañas, habrá de estar bien cocida, presentar una superficie dura sin grietas ni oquedades y de grano fino; además presentará un color uniforme, y producirá un sonido metálico al golpear dos piezas entre sí.

Lista de referencias

Alsina, C; Gómez Serrano, J. (2002). Gaudí, Geométricamente. *Gaceta de la Real Sociedad Matemática Española*, Vol. 5, nº 3, 2002, pp. 523–558.

Bernoulli, J. (1690). Analysis problematic antehac propositi de inventions lineae descensus a copore gravi percurrendae uniformiter, sic ut temporibus aequalibus aequales altitudines emetiaatur. *ActaeEruditorum*, MensisMaji, pp.217–219.

Bernoulli, J. (1691). Solutio problematis funicaularii. *ActaeEruditorum*, MensisJunii, pp. 274–276.

Belidor, B. F. (1729*). La science des ingenieursdans la conduite des travaux de fortification et architecture civile*. Paris: Chez Claude Jombert.

Couplet, P. (1729). *De la poussée des voûtes, Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de* Paris.

Domènech, J. (1900). La fábrica de ladrillo en la construcción catalana. *Anuario de la Asociación de Arquitectos de Cataluña*, pp. 37–48.

Graus, R. Martin-Nieva, H. (2015). The Beauty of a Beam: The Continuity of Joan Torras's Beam of Equal Strength in the Work of his Disciples-Guastavino, Gaudi, and Jujol. *International Journal of Architectural Heritage*, Vol. 9, Núm. 4, pp. 341–351.

Gregory, D. (1697). Catenaria. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, nº19, 1697, pp. 637–652.

Hooke, R. (1676). *A description of helioscopes, and some other instruments*. London: Printed by T.R. for John Mareyn.

Heyman, J (1988). Poleni'sproblema. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, pt. 1, no. 84, pp. 737–759.

Heyman, J. (2003). Wren, Hooke and Partners. In Huerta, S. (ed.) *Proceedings of the First International Congress on Construction History*, 2003, pp. 1–11.

Huerta, S. (2004) Structural Design in the Work of Gaudi, *Architectural Science Review*. Volume 49.4, pp. 324–339.

Huygens, Ch. (1691). Dynastae Zulichemii, solutio problematis funicularii. *ActaeEruditorum*, MensisJunii 1691, pp.281–282.

Lacuesta, R. (2002) *Gaudí a través de Cèsar Martinell, la relación personal entre Antoni Gaudí i Cèsar Martinell*. En: AA.VV. Els arquitectes de Gaudí. Barcelona: Colegi Oficial d'Arquitectes de Catalunya.

Llorens, J. (2013). Wine cathedrals: Making the most of masonry. *Proceedings of Institution of Civil Engineers: Construction Materials*. Volume 166, Issue 6, December 2013, pp. 329–342.

Lluis i Ginovart, J. (2015). La mecánica ilustrada en los ingenieros militares españoles. El proyecto de los almacenes de pólvora (1715–1798). *Informes de la Construcción*, 67(539): e103,

Martinell, C. (1951), *Gaudí i la Sagrada Familia comentada per ellmateix*. Barcelona: Ayamà, S.L. Editords.

Millington, J. (1848). *Elementos de Arquitectura, escritos en ingles por John Millington. Traducidos al castellano y aumentados con notas y apéndices por el mariscal de Campo, D. Mariano Carrillo de Albornoz*. Tomo II. Madrid: Imprenta Real.

Pavlidis, G., Koutsoudis, A., Fotis, A., Vassilios, T., & Christodoulos, C. (2007). Methods for 3D digitization of Cultural Heritage. *Journal of Cultural Heritage*, *8*(1), 93–98.

Pesci, A., Bonali, E., Galli, C., &Boschi, E. (2012). Laser scanning and digital imaging for the investigation of an ancient building: Palazzo d'Accursio study case (Bologna, Italy). *Journal of Cultural Heritage*, *13*(2), pp. 215–220.

Poleni, G. (1748). Memorieis toriche della Gran Cupola del Tempio Vaticano. Padua: Stamperia del Seminario

Rondelet, J. B. (1804). *Traité Théorique Et Pratique De L'Art De Bâtir;* Tomo 2. Paris: Chezl'auteur, en clos du Panthéon.

Stevin, S. (1586). Het Eerste Bovckvan de Beghinselen der Weegcons. En: *De Beghinselen der Weeghconst. Beschrevenduer Simon Stevin van Brugghe*. Leyden: Inde Druckerye van Cristoffel Plantijn, By Françoys van Raphelinghen.

Stirling, J. (1717). *Lineae Tertii Ordinis Neutonianae.* Oxonia: Whistler.

La Casa Maestral de Llerena. Evolución y modelo de arquitectura mudéjar

Rafael Caso Amador
Vicente López Bernal

Llerena es una población extremeña situada en el sureste de la provincia de Badajoz. Vinculada desde la ocupación cristiana del territorio en el siglo XIII a la Orden Militar de Santiago, llega a convertirse en el centro principal de esta institución en la zona, de manera que llega a ser, junto a Mérida, el principal centro administrativo de la provincia de León de la Orden santiaguista en Extremadura.

Por esa razón, se construye un palacio para la residencia de los Maestres de la Orden, que residen temporalmente en Llerena durante largas temporadas; este edificio se complementa, además, con otro palacio para el uso del prior santiaguista, denominado episcopal.

Es el estudio de la Casa Maestral, y la descripción de su proceso de restauración, el objetivo de este trabajo, en el que se completa, a través de los testimonios materiales de su historia que ofrece el mismo edificio, la investigación basada en documentación escrita ya elaborada con anterioridad por otros autores (Peña 1991; Garraín 2010). Este estudio pudo acometerse de forma paralela al proceso de restauración y rehabilitación que afectó a la parte central de la totalidad de las antiguas Casas maestrales, tras su adquisición por el Ayuntamiento de la Ciudad en el año 2004.

Constructivamente la Casa Maestral puede encuadrarse dentro de la denominada arquitectura mudéjar, siendo Llerena un núcleo importante de este estilo en el conjunto extremeño, mencionada tanto en monografías de ámbito regional (Mogollón 1987) como en trabajos genéricos (López 2000). De forma específica, los patios porticados llerenenses han sido objeto de varios estudios, que han abordado tanto su inventario como su descripción tipológica (Galindo 1996; Iniesta 1995 y 1996), con otros que se han centrado en su contexto sociocultural (González 2000).

Descripción arquitectónica

El edificio objeto de la intervención se sitúa en una ubicación con topografía prácticamente horizontal, característica de la llanura en la que se asienta la ciudad.

En relación con la ciudad, el contexto urbano del edificio es el propio Centro Histórico de Llerena, dentro del cual el conjunto urbano formado por la Plaza de España con sus frentes porticados, el Ayuntamiento y la Plaza de San Juan que se articula con la anterior en torno a la Parroquia de Nuestra Señora de la Granada, constituye el ámbito de mayor significado (Carrasco 1985; Fortea y López 2002).

El entorno paisajístico está formado por una trama urbana de arquitectura tradicional con fachadas encaladas, construidas siempre con la misma tipología desde el siglo XV hasta principios del siglo XIX, conformando una serie de callejuelas serpenteantes que confluyen en un gran espacio pavimentado con empedrado de bolos y encintados de granito (figura 1).

El edificio se sitúa en la zona central de la ciudad, inmediata a la Plaza de España, en los números 11–



Figura 1
Vista de la Casa en el contexto de la trama urbana de Llerena (López Bernal 2007)

13 de la calle Cárcel Vieja, que desemboca en aquélla, en la esquina con la calle Aurora. Es una zona que da acceso al sector nororiental de la población para la que, a través de una disposición del callejero más intrincada, se ha planteado la ubicación de la antigua judería; el mantenimiento en este sector, ya en la Edad Moderna, del grupo de origen judeoconverso podría explicar la localización en sus cercanías de la sede inquisitorial, cuya presencia se documenta ya en las primeras décadas del siglo XVI.

El conjunto de las construcciones, junto con el número 15 de la misma calle (actualmente de propiedad eclesiástica, dedicado anteriormente a Colegio del Santo Ángel y con la función actual de Casa de la Iglesia), se identifica con la antigua Casa maestral o Casas maestrales, que posteriormente serían usadas como dependencias del Tribunal de la Inquisición (figura 2). Este uso como dependencias inquisitoriales motiva el nombre de «Inquisición vieja» con que es conocida la calle a finales del siglo XVI, poco después del traslado de la sede del tribunal al palacio de los Zapata (Garraín 2010: 100–105).

En fachada se podían diferenciar tres tramos: uno primero, coronado por una cornisa compuesta por modillones de ladrillos y en el que se abrían tres vanos de acceso y balcones en la planta alta, un segundo con cornisa simple y vanos de pequeño tamaño con abocinado hacia el interior, y un tercero, de mayor altura, cuyas cubiertas vierten, frente a las de los tramos anteriores con agua hacia la calle, hacia el tramo intermedio y el patio interior.

En el interior destacaba un patio porticado en dos de sus laterales, con arquerías de ladrillo, parte de las cuales habían quedado ocultas bajo muros correspondientes a remodelaciones del siglo XIX, que habían afectado especialmente al lateral de mayor longitud, perpendicular a la línea de fachada.

En esta zona se construye a mediados del siglo XIX una bodega, en dos de cuyas dependencias se conservaban las correspondientes tinajas. Asimismo, era de especial interés la presencia de un arco de herradura, aparentemente enmarcado con alfiz, en uno de los muros de la bodega lindante con la actual Casa de la Iglesia.

Resumen histórico del edificio

La historia del edificio ha sido estudiada por la Dra. María Pilar de la Peña Gómez (Peña 1991: 257–262), que ha diferenciado en su proceso constructivo tres etapas para las fases medieval y moderna. Su historia a partir del siglo XIX ha sido tratada por el Cronista Oficial de la ciudad, D. Luis J. Garraín Villa (Garraín 2010: 100–106).

En la primera etapa, que comienza a finales del siglo XV, destacan los datos referentes a 1494, año en que se documenta el lamentable estado del inmueble, especialmente en la conservación de las cubiertas, puertas y escalera, lo que motivo la intervención del maestro de obras Hada Moro, que hace una tasación de las obras necesarias para la reparación. Esta referencia documental evidencia que la construcción del edificio es anterior en el tiempo, probablemente del siglo XIV, a consecuencia del asentamiento de la ciudad como núcleo principal de la Orden de Santiago.

Pocos años después, en 1498, vuelven a ponerse de manifiesto daños en el edificio, referentes en esta ocasión al estado de las caballerizas. Datos semejantes se testimonian ya a comienzos del siglo XVI; de este modo, en 1501 se expone que «está muy mal reparada e los moradores de la casa de ella lo pasan muy peor, que le ahuman las paredes». En estas fechas la casa contaba con dos pisos y estaba formada por un corral, ocho salas, una huerta, una cocina, dos

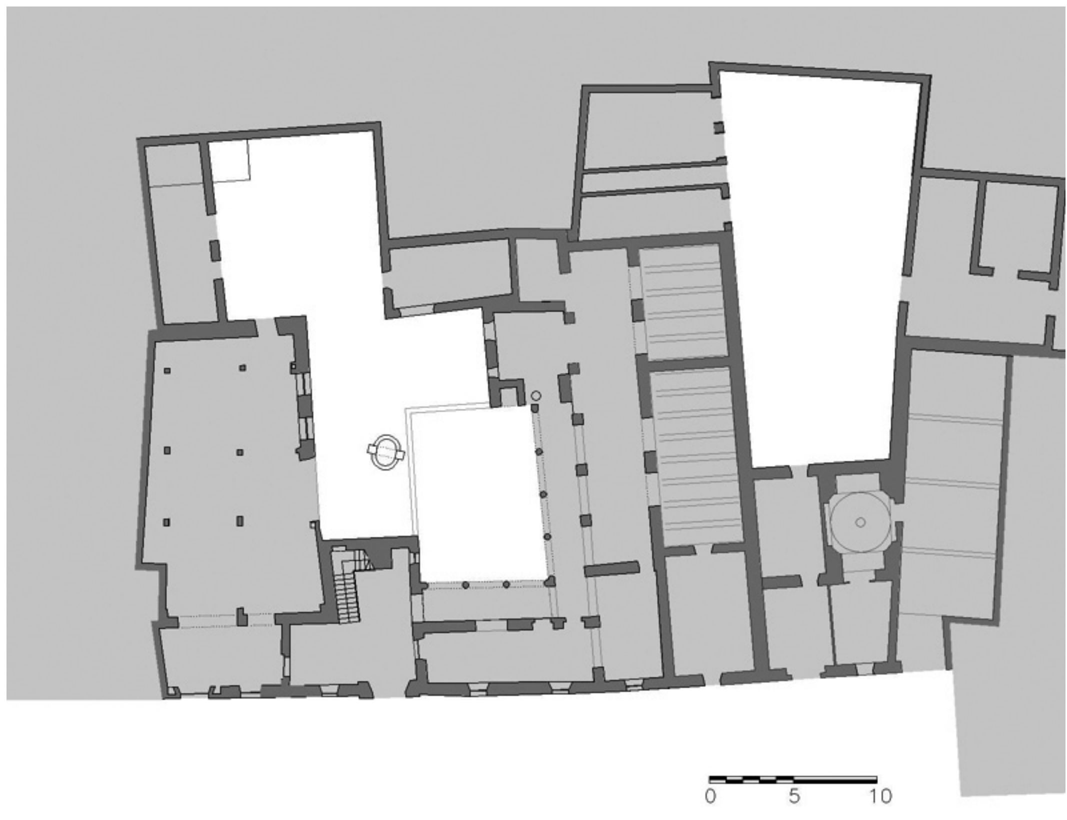


Figura 2
Planta de la Casa Maestral en la actualidad (López Bernal 2017)

caballerizas y un denominado auditorio cuya construcción habría sido patrocinada por Pedro Portocarrero, yerno del último maestre de la Orden de Santiago, don Alonso de Cárdenas. Este auditorio mencionado en las fuentes documentales se puede identificar con la sala (hoy dividida en dos por un tabique de construcción contemporánea) cubierta por un magnífico artesonado (figuras 3, 4, 5 y 6).

La segunda etapa se extendería entre 1508 y 1515, período en el que se llevan a cabo unas obras importantes encaminadas a la ampliación y a la conservación del inmueble. El estado crítico que presentaba entonces se debía al incumplimiento de las tareas dictaminadas en fechas anteriores.

En 1508 se encuentran ya levantadas las arquerías del patio, que probablemente sea el del actual número 13 de la calle de la Cárcel. También se hicieron puertas nuevas en la fachada y en otras piezas. Estas obras se concluyen en 1511 y en ellas intervinieron los albañiles Miguel Sánchez Pastrana, Sancho Ortiz, Juan Martín Cabello y Diego de Orellana. En los cuatro años siguientes se continúan algunas faenas de menor relieve, como son el arreglo de ventanas y la construcción de un arco en el pozo del patio, de una escalera de madera en una cuadra y de una pared de ladrillo para sustituir a otra de caña.

La tercera fase constructiva del edificio tiene lugar a mediados del siglo XVI (figura 7) y está determinada por la presencia del Tribunal de la Inquisición en este lugar.

La donación que hizo el rey Fernando el Católico de las casas maestrales al Santo Oficio provocó tensiones con los santiaguistas, que no renunciarán a su



Figura 3
Vista general del artesonado del salón noble (López Bernal 2017)



Figura 5
Arco de Herradura en el acceso al salón noble del núcleo primitivo (Caso Amador 2004)



Figura 4
Decoración de uno de los canes con figura humana (López Bernal 2017)

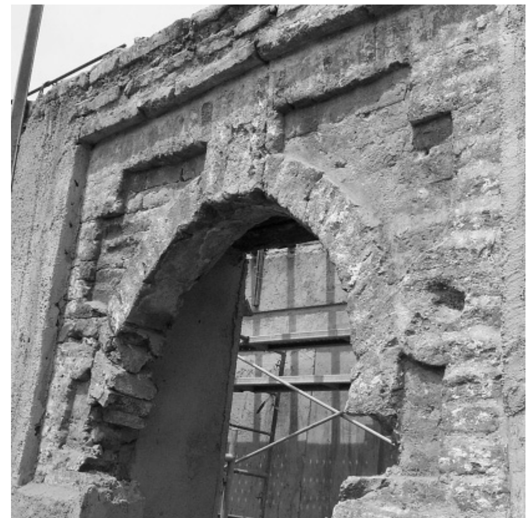


Figura 6
Detalle de arco de herradura con alfiz del primer periodo constructivo (Caso Amador 2004)

derecho a continuar usando las dependencias del edificio; por esta razón, a pesar de que se le vete el acceso a su interior, continuarán incluyéndolas dentro de sus posesiones en las periódicas descripciones de los visitadores de la Orden militar.

Estos enfrentamientos entre santiaguistas e Inquisición se mantienen todavía en 1610; este año, en el contexto de la propuesta para el traslado de la sede

inquisitorial a la ciudad de Plasencia, se expone como causa para evitar el traslado precisamente el riesgo de que la Orden ocupe las casas.

A partir de la instalación de la Inquisición en la antigua casa maestral, se hace necesaria la remodelación parcial del edificio para adecuarlo a los nuevos usos; en consecuencia debieron disponerse habitaciones para los procesos y construir cárceles para el elevado número de presos que tenían que albergar.

Una nueva etapa de ocupación del edificio se inicia en 1570, a partir del traslado del Tribunal inquisitorial al palacio los Zapata, traslado que no implica el abandono total de las antiguas casas maestrales, una parte de las cuales se sigue utilizando como prisiones.

La cárcel perpetua contaba con un vestíbulo, dos celdas, una para los reconciliados y otra para las torturas, y veintidós o veintitrés estancias repartidas en ambos pisos. En el patio de la cárcel se decoraba con una cruz maestral y dos escudos que, según la descripción de 1576 (*«*Con finco hojas de higuera cada uno y finco higueras*»)*, pudieron pertenecer a Lorenzo Suárez de Figueroa, hecho que permite suponer que las casas fueron construidas por este maestre, lo que permitiría datarlas entre finales del siglo XIV y comienzos del XV.

En 1548 se había ampliado la cárcel. Para emprender estas obras, la Inquisición detuvo un año antes el proyecto de una nueva carnicería en un lugar contiguo. El cabildo llerenense colaboró con los inquisidores al desistir de su empeño y donar el terreno para levantar las celdas que éstos querían.

La parte de la casa que el Tribunal utilizó para tratar las causas y pleitos fue alquilada a la mesa maestral.

Con esta ocasión, la Orden de Santiago volvió a entrar en el edificio, lo que motivó un malestar considerable entre los inquisidores. La reacción fue inmediata y en 1576 se prohíbe que estas casas sean arrendadas, «pues su magestad hizo merced de ellas para bibirlas y no para alquilarlas».

Esta determinación se llevó a efecto, como se comprueba en 1598. Aunque en este año el número de celdas es excesivo por haber disminuido los procesos, el edificio sigue abierto. Además, continúa utilizándose también como vivienda de un inquisidor, a pesar de las incomodidades que se derivaban de ello. Esta manera de proceder es un testimonio más de las difíciles relaciones que la Orden de Santiago y el Santo Oficio mantuvieron en su afán de adquirir mayores prerrogativas.



Figura 7
Arco conopial correspondiente a edificación de mediados del siglo XVI (Caso Amador 2004)

Los visitadores llaman a la parte que se arrienda casas principales, que estaban formadas por las piezas que funcionaron como portería y audiencia. Es posible que para la última se aprovechara el auditorio levantado por Portocarrero en el siglo XV, pues los documentos no especifican que esta sala fuera costeada por la Inquisición, lo que se hacía normalmente tras describir el inmueble. Sobre sus características arquitectónicas sólo se mencionan sus cubiertas de madera.

El edificio maestral tenía además un amplio espacio destinado a jardín, que se completaba con una cocina y despensa para el verano y con un corral y una caballeriza en sus traseras.

Un cambio radical en el uso y estructura interna del edificio se produce tras el proceso desamortizador del siglo XIX y la disolución de la Orden de Santiago en 1876, momento en que las propiedades subsistentes de las Órdenes Militares, en este caso la de Santiago, pasan a propiedad de la Iglesia católica, que mantiene la de la zona hoy correspondiente a Casa de la Iglesia. En este sector, que incluye el núcleo originario de toda la construcción, se instalan a

partir de comienzos del siglo XX las religiosas del Santo Ángel de la Guarda como regentes del colegio que funciona hasta 1998.

El sector del edificio adquirido en 2004 pasó a propiedad particular. El cambio de propiedad y uso provocaría la remodelación del interior (que en todo caso afectaría a la compartimentación interna manteniendo los muros de carga); de esas remodelaciones se puede destacar la construcción de una bodega, a mediados del siglo XIX, que ocupa el espacio de un extremo de uno de los laterales porticados, varios de cuyos arcos quedaron embutidos en los muros de nueva construcción.

Más reciente en el tiempo es el derribo interior del edificio en la zona correspondiente al número 11, que llega a afectar al vano de fachada correspondiente a una de las antiguas portadas, parte de cuyas estructura se adivinaba sin embargo sobre la entrada de nueva construcción.

También se derribó en fechas muy recientes otro sector del edificio, que había pasado a distinta propiedad y uso tras la desamortización, de manera que antes de su demolición funcionaba como fábrica de cerveza, y sobre cuyo solar se levantaría después un pequeño bloque de viviendas. Sin que conozcamos detalles de su planta, sólo se puede indicar que una crujía exterior, paralela a la calle, estaba cubierta con bóveda de cañón. Buena parte de la información ha sido facilitada por D. Luis Garraín Villa, Cronista Oficial de Llerena, a quien agradecemos toda la ayuda prestada para la realización de este trabajo. También queremos mencionar al maestro albañil llerenense D. Pedro Tamayo, profundo conocedor de estas técnicas.

Información obtenida durante los trabajos de restauración

Todas las anteriores fases constructivas (figura 8), conocidas a través de la documentación bibliográfica y de archivo, fueron confirmadas por los testimonios materiales arqueológicos registrados a lo largo del seguimiento de las obras de rehabilitación iniciadas en el año 2006.

Dado el espacio disponible, se pueden poner varios ejemplos de estas huellas materiales que el propio edificio, como documento histórico, permitió documentar.

Ya en el exterior, en la fachada se diferenciaban previamente al inicio de la intervención hasta tres sectores con peculiaridades que hacían posible su individualización, desde el de mayor altura lindante con la actual Casa de la Iglesia (sector primero), has-

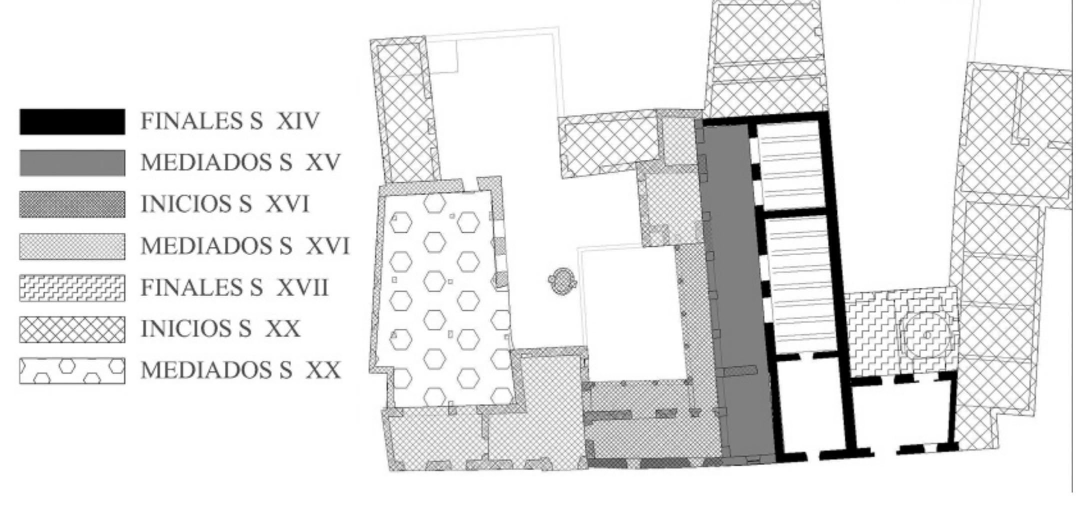


Figura 8
Cronología de la edificación del siglo XV al XX (Caso Amador y López Bernal 2017)

ta el más meridional, caracterizado en principio por la presencia de balcones en planta alta y un alero con modillones de ladrillo (figura 9).

Los distintos sectores estaban encalados, lo que había regularizado las diferencias existentes entre ellos, atenuando los contrastes compositivos y volumétricos derivados de los distintos tipos de vanos y su distribución, de alturas, aleros de remates, etc.

Se apreciaban también reformas recientes, como la efectuada en el extremo meridional para la habilitación de ese sector como cocheras y oficinas. Las reformas efectuadas para adecuarlo al nuevo uso habían incluido, aparte del vaciado interior, la apertura de una gran puerta de entrada que había destruido una anterior portada con jambas y dintel del ladrillo, apreciándose restos de este último a través de roturas del encalado.

Tras la eliminación de los distintos revocos y enlucidos se confirmó la distinción de sectores establecida previamente, individualizándose además uno nuevo, en el extremo más próximo a la Plaza principal de la localidad, definido por una fábrica de ladrillos, acabada con la superficie de los ladrillos vista y las llagas enrasadas con aquélla, que alcanzaba la totalidad de la altura de fachada. Era el resto subsistente de un cuerpo de edificio desaparecido al ser derribado en el último cuarto del siglo XX.



Figura 9
Fachada con su impronta mudéjar y las distintas etapas de construcción (López Bernal 2007)

En este, fabricado en tapial con machones laterales de ladrillo con entrantes y salientes para el engarce de las cajas, se abría, lindando con el anterior, la ya mencionada puerta de cochera, que, tras su limpieza confirmó la hipótesis de su correspondencia a una anterior portada con jambas y dintel de ladrillos realzados de la superficie de fachada, cuya luz de pudo deducir de la alineación de los ladrillos del dintel y mediante la viga de madera interior, que se había mantenido y en la que se conservaban los huecos de las quicialeras.

La puerta siguiente, con recerco en jambas y dintel, tras la correspondiente eliminación de revocos, se vio que era el resultado de la remodelación del hueco de una ventana, cuya luz se había reducido mediante sendas hiladas de ladrillo hueco doble eliminando además la zona del poyo.

En la portada principal, el recerco existente seguía el de otra portada de ladrillo semejante a la ya descrita, cuyas jambas, en su parte superior, habían sido cortadas y chapadas con ladrillo para corregir el desplome que sufría junto con el resto de la fachada, mientras que el dintel había sido casi totalmente destruido al abrirse el hueco del balcón situado sobre ella en la planta alta.

De los cuatro balcones que formaban los huecos de la planta alta el situado sobre la portada se abría en el tapial, sin restos aparentes de huecos anteriores, al igual que sucedía con los dos más alejados, mientras que el que le seguía a su izquierda aprovechaba un hueco anterior con jambas en ladrillo visto.

El sector segundo estaba construido también en tapial, con machones laterales de ladrillo, afectado de un desplome generalizado hacia el exterior. Los vanos que se abrían en él no guardaban ninguna simetría con el sector anterior, del que se diferenciaba además por el alero, en este caso de ladrillos sencillos en voladizo. En planta baja, la ventana más cercana a la portada principal, era resultado de la ampliación de luz y altura de un vano anterior.

Le seguía un hueco de menores dimensiones, que debe corresponder a los huecos originales de este cuerpo del edificio, abriéndose directamente en el tapial.

En la planta alta, se abrían otras dos más próximas al balcón situado sobre la portada principal. De tamaño mayor que la anterior se había abierto tras una fase de reforma que habilitó las habitaciones que iluminaban, cerrándose en cambio otra ventana anterior situada entre ambas.

Finalmente, el sector primero se adosa a la actual Casa de la Iglesia. En su fábrica se diferencian distintos materiales, comenzando por el ladrillo y tapial en la zona inferior, el tapial en la zona media, y el ladrillo en la zona superior, incluida la situada sobre un alero simple. Se remata por las tejas de la cubierta, que al ser continuación del faldón de la cubierta de la Casa de la Iglesia vierten hacia el segundo cuerpo, frente a los sectores restantes que vierten hacia la calle.

Cuenta actualmente con dos vanos, una ventana en la zona inferior con reja, nuevamente resultado de la remodelación de un hueco anterior, de mayor altura, y otra en la zona, superior, también remodelada, ya que el hueco anterior llegaba hasta el suelo de la planta alta y en la parte superior presentaba un alfiz cuadrado con los restos de tres ladrillos en vertical en su parte central, rasgo, que indica la unión del alfiz con la clave del arco, junto a la misma presencia del alfiz, hace suponer que existía una ventana con arco de herradura, del mismo tipo de las que se descubrieron en el muro paralelo al lindante con la casa de la Iglesia y que vino a demostrar la presencia de una etapa constructiva desconocida hasta entonces, intermedia en el tiempo entre el núcleo originario de la Casa maestral y las reformas de finales del siglo XV e inicios el XVI.

En esa etapa, que a modo de hipótesis se puede situar a finales del siglo XV, se construye un cuerpo delantero en la fachada meridional de aquel núcleo primigenio, en cuya planta baja se abría una arquería de arcos de medio punto y arcos de herradura en la superior, cegadas una y otra en fases posteriores (figura 10).

Desde el punto de vista de la historia de la construcción, se documento la utilización de diversas técnicas y materiales, partiendo del predominio del uso del tapial y el ladrillo. Pero mientras que en el núcleo original del siglo XV se evidenciaba el empleo de una tapia de gran calidad, en el resto de los cuerpos añadidos con posterioridad la calidad de ese tapial iba disminuyendo, hasta llegar a la ausencia casi total de mortero frente al predominio de barro de escasa consistencia y resistencia, que había provocado los desplomes de muro ya aludidos. Era precisamente en los paramentos interiores de esos muros de tapia de barro donde se había realizada un acabado en el que se simulaban grandes sillares mediante filetes que delimitaban piezas rectangulares sobre el mortero de cal de la capa de enlucido, como se pudo testimoniar en el paramento del muro oriental lindante con el patio porticado.



Figura 10
Vista de la galería inicial de acceso al salón noble en la que se aprecian las distintas etapas (Caso Amador 2004)

Es también de interés la presencia en la planta alta, en el paramento exterior del muro septentrional del mismo patio, la presencia de grafitos representando cruces y motivos figurativos de animales, rostros humanos y breves leyendas, realizados mayoritariamente con pigmentos de color negro, asignables a la etapa de uso inquisitorial (figura 11). De distinto carácter, al haberse realizado mediante grabado en el paramento interior de una de las estancias y ser parte de una escena única de carácter figurativo, fue otro grafito, para el que, en el momento de su descubrimiento, se plantearon diversas hipótesis sobre su contenido, entre las que se incluye la defendida recientemente (Mateos 2016).

Se puede concluir que en el conjunto de la zona objeto de intervención, la configuración más reciente de ese sector del edificio, incluida la distribución de las estancias y el acabado de los distintos paramentos, era el resultado de su uso como viviendas particulares posterior a la desamortización del edificio en el siglo XIX y la realización de varias reformas arquitectónicas, algunas de las cuales, como el alzado de tabiques perimetrales en varias de las estancias a finales del siglo XX, se limitan a ocultar las conse-

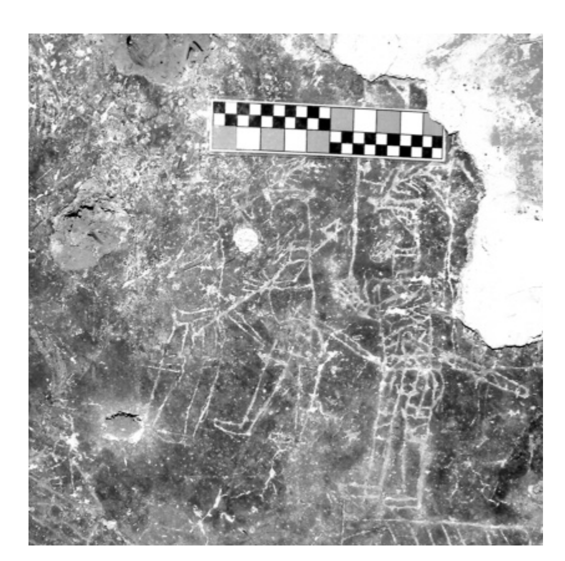


Figura 11
Grafito correspondiente al periodo en que sirve de cárcel del Santo Oficio (Caso Amador 2004)

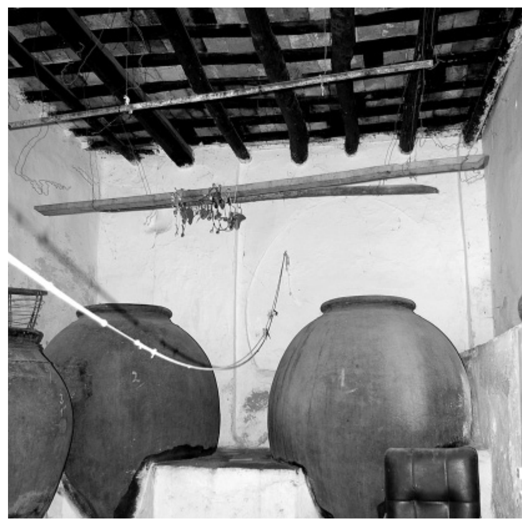


Figura 12
Espacio de bodega del siglo XIX con sus tinajas (López Bernal 2003)

cuencias de los daños estructurales del edificio sin poner freno a las causas de degradación.

Las reformas realizadas a lo largo de los siglos XIX y XX mantienen la estructura básica del edificio, limitándose, en las zonas ya construidas, a una redistribución de los espacios interiores, y construyendo nueva tabiquería de división interior de las crujías principales pero manteniendo sus muros de carga.

La primera de esas fases contemporáneas de reforma se fecha con precisión a mediados del siglo XIX, entre 1849 y 1851, y completa el uso como bodegas de varias de las estancias de la zona noroccidental, fase que incluye el cegado de dos de las arcadas de la galería de planta baja, dos de cuyos pilares y arcos quedan embutidos en los muros de las nuevas estancias construidas (figura 12).

Por esta razón, se mantienen y se recuperan durante la intervención diversos elementos bajomedievales y modernos, entre los que destaca la arquería de arcos de medio punto sobre pilares cuadrados perpendicular a la línea de fachada, y una portada con arco de herradura apuntado, correspondiente este último a la fase más antigua del edificio (figura 13).

Todo el edificio es el resultado de la progresiva ocupación de un gran espacio libre que, a partir del muro septentrional lindante con la actual de la actual Casa de la Iglesia, se va desarrollando a lo largo de los siglos XIV a XVII. En consecuencia, la fase más antigua sería la correspondiente a la Casa maestral



Figura 13
Cúpula barroca superpuesta al arco apuntado de la fase mudéjar (López Bernal 2017)

originaria situada en la finca colindante, a la que se abría la portada con arco de herradura apuntado descubierta en una de las estancias rehabilitadas.

Dada la intensa actividad constructora del maestre Don Lorenzo I Suárez de Figueroa se puede establecer la hipótesis de la datación de la primigenia Casa Maestral en la etapa de su maestrazgo, entre los años 1387 y 1409.

La estructura de ese edificio primigenio, de calidad arquitectónica superior a todos las estructuras que se le adosarán posteriormente, se debe conservar en la adyacente Casa de la Iglesia, siendo los magníficos artesonados de madera que cubren las salas adyacentes a la actualmente denominada Casa Maestral la prueba del interés histórico y arquitectónico de esa construcción primigenia.

La datación, a través de las Actas de visitas de la Orden de Santiago, del patio porticado en los años iniciales del siglo XVI (figura 14), junto con el hallazgo de una blanca de Enrique IV que dataría la crujía de fachada en el último tercio del siglo XV, situaría a la arquería de arcos de medio punto y la crujía que delimita, adosada al muro de la Casa maestral primigenia, en una fecha intermedia del siglo XV.

Por tanto, a finales de la Baja Edad Media se han construido ya las dos crujías básicas del edificio, a la más reciente de las cuales, del último tercio del siglo XV, se adosaría ya en el XVI el tramo en el que actualmente se sitúa las dos portadas de acceso.

Una importante fase de reforma del edificio debe datarse en una fecha todavía imprecisa, de finales del siglo XVII o principios del XVIII, consistente como mínimo en la compartimentación y cierre de la arquería exterior de la gran sala paralela al muro originario de la Casa maestral, espacio que hasta entonces había permanecido diáfano.

Por último podemos constatar como la configuración del patio porticado, a pesar de desarrollarse en solo dos caras, servirá de modelo constructivo a un numeroso conjunto de patios que a lo largo de trescientos años se construirán en el casco de Llerena. La formalización de estos será muy dispar en cuanto a dimensiones y configuración, pues las galerías oscilarán entre los de cuatro caras hasta las de un solo frente, pero mantendrán siempre el uso del ladrillo, visto o revestido, tomado con mortero de cal a junta enrasada, el arco de medio punto con alfiz en la planta baja, el arco rebajado con alfiz en planta alta y el fuste octogonal en todos los casos. Como piezas más destacadas de ese conjunto cabe destacar las siguientes: Calle Luis Zapata (Palacio de los Zapata), Calle Santiago, 88 (Centro Simeón Vidarte), Calle Santiago, 63 (Circulo Llerenense), Calle Zapatería, 5 (Palacio Episcopal) y la vivienda de Calle Aurora 10.

Figura 14
Galerías correspondientes a la ampliación del siglo XVI (López Bernal 2006)

Lista de referencias

Carrasco García, Antonio. 1985. *La Plaza Mayor de Llerena y otros estudios*. Madrid: Tuero.

Fortea Luna, Manuel y Vicente López Bernal. 2002. *Plan especial de Protección del Casco histórico de Llerena.* Badajoz: Consejería de Vivienda, Urbanismo y Transporte de la Junta de Extremadura.

Galindo Mena, Julio, 1996. Los patios porticados de Llerena. *Revista Fiestas Mayores Patronales de Llerena*: 53–62.

Garraín Villa, Luis. 2010. *Llerena. Sus calles, historia y personajes*. Badajoz: Sociedad Extremeña de Historia.

González Lorenzo, José Ignacio. 2000. Una aproximación sociocultural a la arquitectura mudéjar de Llerena. F. Lorenzana y F. J. Mateos (coords.). *Actas de las I Jornadas de Historia de Llerena*, Mérida: Junta de Extremadura: 71–82.

Hernández González, Salvador. 2001. El patrimonio monumental de Llerena a través de la historiografía artística: aproximación bibliográfica. *Actas de la II Jornada de Historia de Llerena*: 203–221.

Iñesta Mena, José. 1982. Algunas observaciones sobre el estilo mudéjar en Llerena. *Revista Fiestas Mayores Patronales de Llerena.* Sin paginar.

Iñesta Mena, José, 1995. El mudéjar en Llerena: un patrimonio oculto. *Revista Fiestas Mayores Patronales de Llerena*: 66–70.

Iñesta Mena, José, 1996. Llerena mudéjar, Llerena del color. *Revista Fiestas Mayores Patronales de Llerena*: 49–54.

López Guzmán, Rafael. 2000. *Arquitectura mudéjar. Del sincretismo medieval a las alternativas hispanoamericanas*. Madrid: Cátedra.

Manzano Garías, Antonio. 1960. El cisma del Priorato y sus repercusiones en Azuaga, con Llerena y Mérida. *Revista de Estudios Extremeños* XVI. 3: 457–466.

Mateos Ascacíbar, F.J. 2017. Rescate de un cómic del siglo XVI: crónica de un judío en la conquista de México. *Actas de las XVII Jornadas de Historia en Llerena* (en prensa).

Mogollón Cano Cortés, Pilar. 1987. *El mudéjar en Extremadura*. Mérida: Institución Cultural El Brocense-Universidad de Extremadura.

Peña Gómez, María Pilar de la. 1991. *Arquitectura y urbanismo de Llerena*. Cáceres: Universidad de Extremadura-Ayuntamiento de Llerena.

Rodríguez Cancho, Miguel; Barrientos Alfageme, Gonzalo (eds.). 1994. *Interrogatorio de la Real Audiencia. Extremadura a finales de los tiempos modernos. Partido de Llerena.* Mérida: Asamblea de Extremadura.

Rubio Masa, Juan Carlos. 2001. *El mecenazgo artístico de la Casa ducal de Feria.* Mérida: Editora Regional de Extremadura.

Bóvedas de terceletes con rombo diagonal. Transmisión de conocimiento técnico en el tardogótico europeo

Ana López Mozo
Miguel Ángel Alonso Rodríguez
Alberto Sanjurjo Álvarez

La construcción gótica de bóvedas evolucionó de forma diferente en las diversas regiones europeas, también en lo que concierne a los métodos de diseño tridimensional. La aplicación de estos procedimientos en una bóveda concreta no es deducible de la planta ni de la observación directa; requiere una explicación o el acceso a las trazas. Además, los métodos para obtener la elevación desde la planta sólo serían compartidos en el ámbito del oficio (Frankl 1945, 46). Así, estudiar qué procedimientos se emplearon para el diseño tridimensional de bóvedas aparentemente similares, puede ofrecer información valiosa para distinguir entre repetición de un esquema y transferencia técnica.

En el marco de un proyecto de investigación sobre transferencia de conocimiento técnico en el tardogótico,[1] esta comunicación estudia la diseminación en Europa de un tipo de bóveda de terceletes singular, que presenta un rombo central alineado con las diagonales y ojivos con frecuencia parcialmente ausentes. El esquema no es simétrico respecto a los ejes de la planta, pero cuando ésta es cuadrada, sí hay simetría respecto a las diagonales. No es un diseño simple y su difusión parece requerir una copia consciente del modelo, pero las similitudes entre distintos casos pueden ser sólo aparentes y no existir conexiones técnicas entre los artífices. Este tipo de bóveda ha sido documentado hasta el momento en 36 edificios, 7 de ellos en España, y en cinco fuentes escritas originales.

Apoyándose en el levantamiento de 35 de las 46 bóvedas hasta ahora documentadas y en el análisis de las fuentes escritas, este trabajo aproxima la difusión temporal y geográfica de este tipo de bóvedas, propone posibles trazas de planta y elevaciones de arcos para comparar los procedimientos encontrados en Centroeuropa y en España y argumenta qué pudo contribuir al surgimiento de esta tipología. La toma de datos de las bóvedas se ha realizado mediante fotogrametría automatizada combinada con coordenadas obtenidas con mini-estación total láser para orientar y escalar los modelos.[2] En el proceso de análisis tanto de planta como de elevaciones, se han tenido especialmente en cuenta los datos del intradós de los nervios. No se han considerado deformaciones para proponer las hipótesis de traza.

Difusión de la tipología

Hasta el momento se han podido identificar 36 edificios en Europa que albergan en total 46 bóvedas de terceletes con rombo en diagonal, construidas desde finales del siglo XIV hasta finales del siglo XVI. Dada la magnitud del patrimonio tardogótico, probablemente quedan todavía muchos casos por identificar. También se sabe de la existencia de bóvedas de este tipo en tres edificios que no han llegado hasta nosotros.[3]

A pesar de la dificultad que entraña localizar la fecha de construcción de una determinada bóveda de un edificio de esta época, hemos intentado aproximarla en todos los casos. Se ha podido constatar que

los ejemplos más tempranos podrían estar situados en Silesia, correspondiendo hoy en día al suroeste de Polonia. El primer caso que conocemos está situado en Nysa, en una capilla de la iglesia parroquial de San Jaime, construida h. 1390 (figura 1). A sólo 50 km de distancia está situado el que podría ser el segundo caso más antiguo, en la iglesia de San Bartolomé en Głogówek, con dos bóvedas de terceletes con rombo diagonal en la misma estancia, construidas antes de 1419 (Adamski 2013, 103). A partir de aquí, este tipo de bóveda se difundió por Europa en un recorrido hacia el oeste, con ejemplos documentados por ahora hasta 1585 (figura 2).

En la primera mitad del siglo XV se construyeron bóvedas de este tipo también en Polonia en Strzegom, en la iglesia de San Pedro y San Pablo (h. 1425); en Cracovia en el Monasterio Franciscano (h. 1436), en la iglesia de los Dominicos (h. 1437) y



Figura 1
Bóveda de una de las capillas de la cabecera de la iglesia parroquial de San Jaime en Nysa (Polonia), construida h. 1390 (fotografía de Enrique Rabasa, 2016)

Figura 2
Localización de edificios con bóvedas de terceletes con rombo en diagonal

en la iglesia de Santa María (h. 1439 y 1443); y en Paczków en la iglesia de San Juan Evangelista (h. 1447) (Adamski 2013, 102–103). A partir de aquí el modelo salta al Sacro Imperio Romano Germánico, con casos en la iglesia de la Santa Cruz en Kaysersberg (Francia, h. 1448) (Nussbaum 1999, 237) y en la iglesia parroquial de Spitz (Austria, h. 1450?) (Böker 2005, 217).

Hacia 1465 se construían bóvedas de terceletes con rombo en diagonal en tres lugares del Sacro Imperio y en uno en el reino de Castilla: en la catedral de Basilea (Nussbaum 1999, 237); en la catedral de Erfurt (Frankl [1962] 2000, 253), en la Abadía de Bebenhausen y en Castilla en la catedral de Zamora (Ramos de Castro 1982, 319).

En el último tercio del siglo XV se construyeron bóvedas de este tipo en la Abadía de Bad Herrenalb (Sacro Imperio, actualmente Alemania) h. 1478 (Nussbaum 1999, n. 861); en la iglesia de la Asunción de la Virgen María en Kłodzko (Silesia, actualmente en Polonia) h. 1482 (Hanulanka 1971, 87); en la iglesia parroquial de Weißkirchen an der Traun (Sacro Imperio, actualmente Austria) h. 1484 (Schifter 2010); en la República Checa en las iglesias parroquiales de Melnik h. 1486 y Kájov h. 1488 (Nussbaum 1999, n. 861); en Castilla en el claustro de la catedral de Segovia, construida por Juan Guas h. 1491 y en la iglesia parroquial de Atapuerca en el Camino de Santiago a finales del siglo XV (Merino de Cáceres 1996: 479–480; Martín 2013: 901),[4] y de nuevo en el Sacro Imperio en la catedral de Halberstadt (Alemania, h. 1491) (Schurr 2007, 309).

Ya en el siglo XVI encontramos ejemplos de nuevo en Silesia en la iglesia de los Franciscanos en Lwówek Śląski h. 1500 (Hanulanka 1971, 87); en Francia en la sacristía de la catedral de Cahors h. 1504 (Boulade 1885, 47) y también a principios de siglo en la catedral de Autun (Nussbaum 1999, 280); en la iglesia de San Jorge en Nyírbátor (Hungría) h. 1511 (Böker 2005, 217); en Castilla, a 50 km de la bóveda mencionada en Atapuerca, existe otra en la iglesia parroquial de Mahamud, construida h. 1511 (Martín 2013: 1240); en Rorschach (Suiza) se construyeron dos bóvedas de este tipo en la Abadía de Mariaberg h. 1515 (Nussbaum 1999, n. 861); en Aschaffenburg (Alemania) se construyó una en la basílica de San Pedro y Alejandro h. 1516 (Röhrig 1999, 48); en España en la iglesia parroquial de Corrales del Vino, h. 1520 (Vicente Pradas 2016, vol. 2, 117); en Perchtoldsdorf (Austria) h. 1527 en la iglesia de San Mauricio (Riedl 2011, 72); en Francia h. 1532 en el monasterio Real de Brou en Bourg-en-Bresse (Böker 2005, 217); de nuevo en España en la iglesia parroquial de Villegas, en el Camino de Santiago, h. 1571 (Ibáñez 1991, 342) y en la iglesia parroquial de Auñón (Guadalajara) h. 1583 (Muñoz 1987, 33). El último caso hasta ahora documentado es la bóveda sin nervios en los sótanos del ayuntamiento de Grimma (Alemania) construida h. 1585 (Bürger 2007, 3: 939).[5]

Fuentes escritas

Considerando que las bóvedas existentes fueron construidas fundamentalmente en los siglos XV y XVI, se ha buscado preferentemente la información contenida en las fuentes escritas de este mismo período. Los textos centroeuropeos reflejan once trazados en planta de bóvedas de terceletes con rombo diagonal en cuatro fuentes diferentes, pero no ofrecen información sobre el diseño de las elevaciones de sus nervios. Tres de estos trazados están contenidos en el *Libro de patrones* de Hans Hammer (h. 1500); cinco en la colección de dibujos *Wiener Sammlungen*, de la Academia de Bellas Artes de Viena, de los siglos XV y XVI (Böker 2005); dos en el cuaderno del maestro WG de Frankfurt, 1560–1572 (Instituto Städel de Munich; Bucher 1979) y uno en el compendio *Bauhüttenbuch des Wolfgang Rixner,* conservado en el museo Albertina de Viena, de Wolfgang Rixner y Jerg Reiter (1467–1599) (figura 3) (Rabasa et al. 2015; López-Mozo y Senent-Domínguez 2017).

Ningún trazado representa ojivos completos, y uno de ellos está normalmente ausente, lo que deja el rombo central en todos los dibujos vacío de nervios en su interior. Se han tratado de reconocer procesos de trazado sencillos, capaces de ser replanteados con facilidad en la plataforma elevada para la construcción de la bóveda. La figura 3 recoge una descripción gráfica del posible proceso de trazado, superpuesto a los dibujos originales. Todos ellos podrían haber comenzado determinando la posición de los terceletes: en cuatro de los once casos parecen estar alineados con los puntos medios de los lados de la planta, lo que divide la diagonal en tres partes iguales (1a, 2a, 3a y, parcialmente, 4a); en tres casos podrían haber sido determinados con arcos de circunfe-

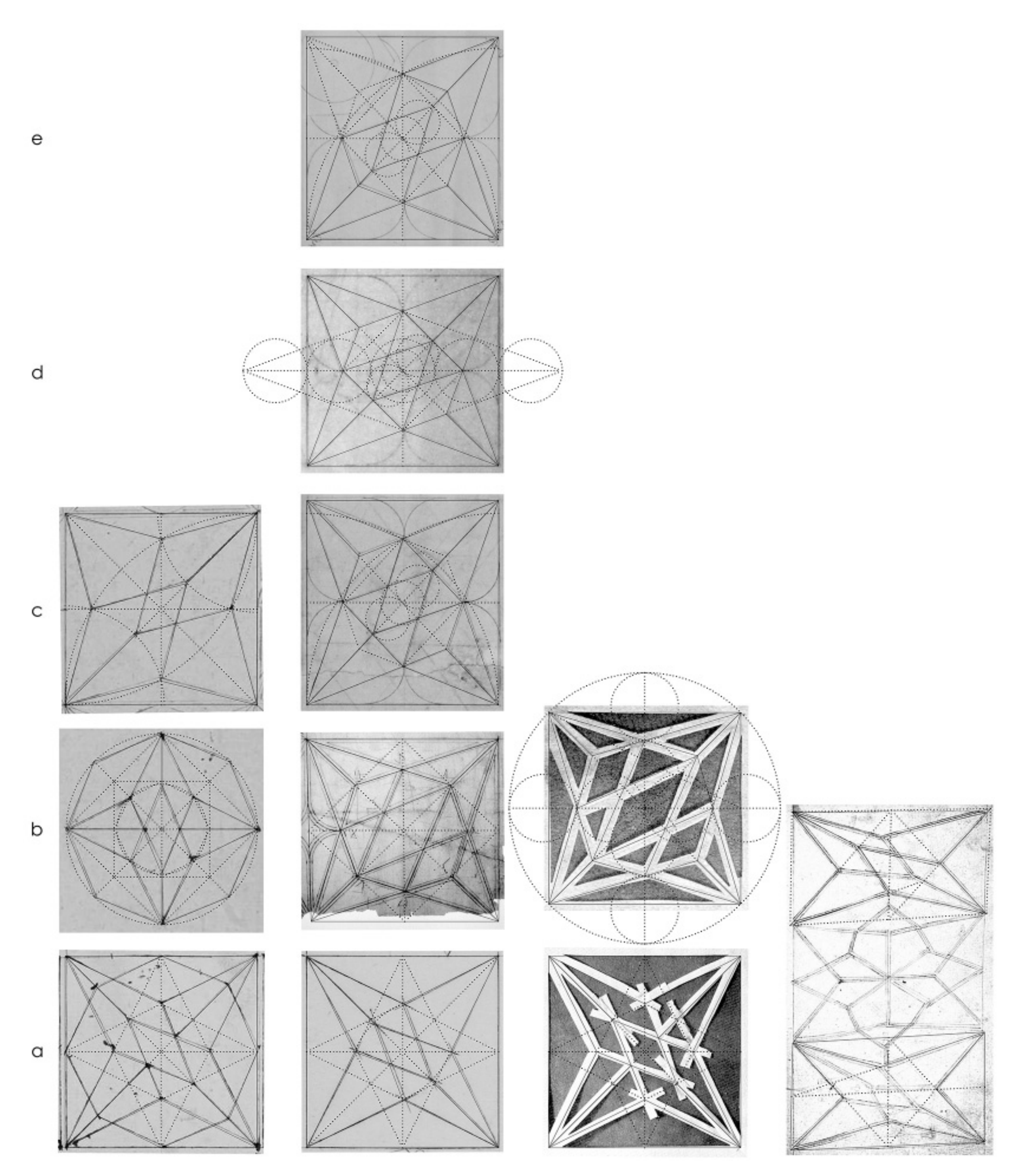


Figura 3
Trazados geométricos superpuestos en los dibujos de bóvedas de terceletes con rombo diagonal conservados en las fuentes originales. En columnas de izquierda a derecha: Hans Hammer (h. 1500, fols 26v, 28v, 29); colección *Wiener Sammlungen,* siglos XV y XVI (Böker 2005, fols. 16818, 16903, 16941, 17015v y 17019); cuaderno del Maestro WG (1560–1572, Bucher 1979, fols. 133 y 140) y *Bauhüttenbuch des Wolfgang Rixner* (1467–1599, fol. 262)

rencia dibujados con los elementos básicos de la planta (1c, 2c y 2e); dos casos podrían trazar los terceletes alineándolos con los puntos de corte del cuadrilátero inscrito con las diagonales (1b y 2b), y, finalmente, dos trazados podrían haber sido resueltos a partir de divisiones del eje o del radio de la circunferencia circunscrita en tres y dos partes iguales respectivamente (2d y 3b). Ninguno parece haber seguido la estrategia de alinear los terceletes con la intersección de los ejes con la circunferencia circunscrita. La segunda decisión en el proceso de diseño parece ser la determinación de las claves del rombo situadas en su diagonal principal: cinco casos las sitúan alineadas con los terceletes (1a, 2b, 3a, 3b y, parcialmente, 4a); tres trazados parecen situarlas en relación con las claves de los terceletes, alineadas con ellas (2c, 2d y 2e) o en la misma circunferencia (1b y 2a) y uno las determina dando al ojivo la misma longitud que a los terceletes (1c).

Además, las fuentes centroeuropeas ofrecen información sobre el diseño de las elevaciones de los nervios en trazados de bóvedas de cierta complejidad. En general, muestran que trazar una bóveda requiere la planta y el diseño de un arco, normalmente semicircular, llamado Prinzipalbogen, que gobernará la construcción de la bóveda formando todos los nervios y permitiendo determinar la altura de todas las claves. Estos procedimientos están presentes en las colecciones de Hans Hammer (ca. 1500), Rixner (1445–1599), *Codex Miniatus 3* (ca. 1560–70, Ms. Österreichische Nationalbibliothek), *Wiener Sammlungen* (siglos XV y XVI) y Jakobus Facht von Andernach (1593). El radio del arco principal se establece desplegando una de los recorridos posibles en planta para llegar desde el enjarje hasta el punto más alto de la red de nervios. La altura de cada clave dependerá de la longitud recorrida en ese camino hasta llegar a su posición, que se extenderá en la base del arco (Müller et al. 2005; Rabasa et al. 2015).

Las fuentes escritas hispano-francesas de los siglos XV y XVI no contienen información específica sobre bóvedas de terceletes con rombo central alineado con las diagonales. Sin embargo, sí reflejan trazados en planta y diseños de elevaciones de nervios de bóvedas canónicas de terceletes. Se trata de los textos de Hernán Ruiz (h. 1558), Rodrigo Gil de Hontañón (h. 1560) incluido en Simón García (1681), Vandelvira (h. 1575) y Alonso de Guardia (h. 1600). El único texto francés de este período sobre diseño tridimensional de bóvedas góticas es el de Delorme (1567, 107–109).

En relación con el trazado de los terceletes en planta, Vandelvira los sitúa alineados con el punto medio del lado opuesto; el resto de los autores, sin embargo, los determinan en alineación con la intersección de los ejes con la circunferencia circunscrita, dando como resultado la bisectriz del ángulo formado por el ojivo y el perímetro (Calvo 2016). En cuanto al diseño de las elevaciones de los arcos, todos los autores españoles y franceses trazan el ojivo semicircular. Después, el rampante es diseñado por Delorme con radio mayor que el del ojivo, y por Hernán Ruiz con radio doble (Rabasa 1996: 428; Huerta 2016, 300–303). Sin embargo, Rodrigo Gil, Vandelvira y Alonso de Guardia trazan los nervios como arcos de la misma esfera y ojivos y rampantes tienen la misma curvatura (Palacios 2006; Calvo 2016). Por tanto, todos los autores españoles y franceses trazan sus bóvedas con varios radios de curvatura.[6]

Traza de las bóvedas construidas

Esquemas de planta

Sobre la forma de la planta que configuran los arranques de los nervios, se han analizado los datos medidos de 35 bóvedas. La planta es cuadrada sólo en 4 casos, rectangular en 13 e irregular en 18. Esta última característica es especialmente patente en 6 de los 7 edificios que hasta ahora presentan los casos más tempranos de bóvedas de terceletes con rombo diagonal, todos ellos en Polonia. La existencia de un contrafuerte en el recinto es un problema resuelto de manera diferente en las primeras bóvedas centroeuropeas, con los nervios adaptándose a él (Głogówek h. 1419 o Paczków h. 1447) y en algunas hispanofrancesas del primer tercio del s. XVI, que lo ignoran (Mahamud h. 1511 o Bourg-en-Bresse h. 1532) (figura 4).

El esquema que dibuja la red de nervios en planta no es el mismo en todas las bóvedas estudiadas. El tipo más frecuente, analizando sólo los 37 casos que se han podido comprobar mediante inspección directa, es el que presenta un ojivo ausente y uno incompleto, constatado en 19 bóvedas.[7] Los primeros cuatro casos siguen esta configuración: Nysa, Głogówek, Strzegom y Convento de los Francisca-

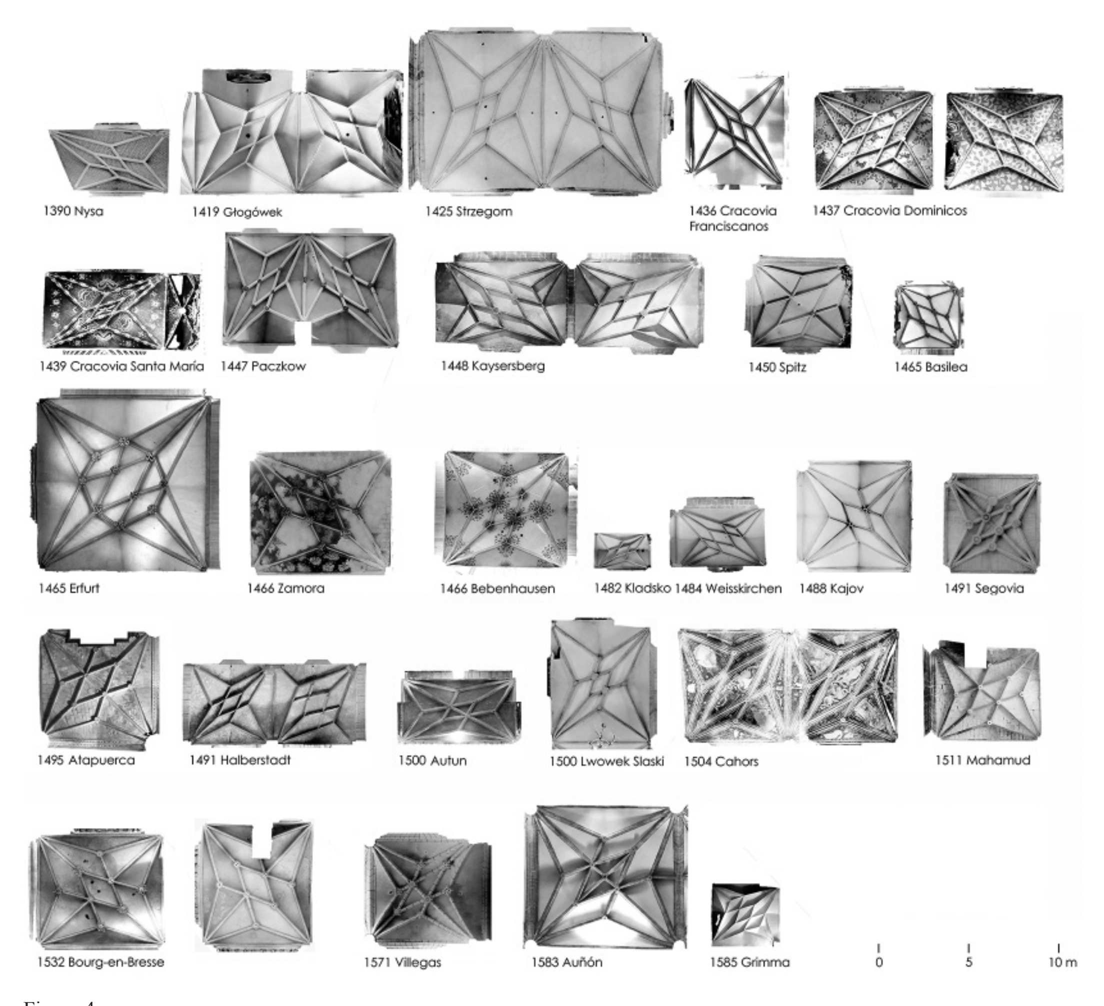


Figura 4
Ortofotos de las plantas de las 35 bóvedas medidas, obtenidas por fotogrametría automatizada

nos de Cracovia (1390–1436). Ningún ojivo ausente, y ambos incompletos, es el esquema presente en 6 de las bóvedas. Esta misma configuración, pero con triple rombo central formado normalmente por la prolongación de los terceletes, se puede encontrar en 5 casos. Triple rombo, ningún ojivo ausente y octógono central, esquema presente en 3 de las 11 fuentes escritas centroeuropeas ya mencionadas, existe sólo en un caso real, la bóveda de la catedral de Erfurt (h. 1465). Triple rombo, los dos ojivos presentes y terceletes parcialmente ausentes es la configuración encontrada en un solo caso, una de las bóvedas de la catedral de Halberstadt (h. 1491). Ningún ojivo ausente y uno completo es el esquema presente en 4 bóvedas, 3 de ellas en España. Finalmente, los dos ojivos completos aparecen sólo en un tardío caso español, la bóveda de Auñón (h. 1583) (figura 4).

Estrategias de trazado de la planta

Aunque no se ha encontrado una explicación geométrica convincente en todos los casos, el análisis de las bóvedas construidas y las fuentes escritas permite

proponer que el trazado de la planta parece requerir dos decisiones: situar los terceletes y las claves de la diagonal principal del rombo central. Al menos 26 bóvedas parecen haber sido trazadas eligiendo primero la posición de los terceletes; 8 de las 10 bóvedas más antiguas podrían haber empleado, al menos parcialmente, la estrategia de trazar los terceletes a los puntos medios de los lados opuestos, presente en cuatro de las fuentes escritas centroeuropeas mencionadas y en una de las españolas. En el conjunto de la muestra analizada, este método es el más frecuente, pues parece haber sido utilizado, aunque sea parcialmente, en 16 bóvedas. El trazado de terceletes alineado con la intersección de los ejes con la circunferencia circunscrita, ausente en las fuentes centroeuropeas y presente en 4 de las hispano-francesas, aparece solamente en 4 de las bóvedas analizadas. Se han encontrado más estrategias para determinar la posición de los terceletes: alinearlos con determinadas divisiones de la diagonal o los ejes y situar una pareja de claves de los terceletes, determinando las restantes en la misma circunferencia o alineándolas en paralelo a la diagonal. Con esta última opción, en plantas rectangulares las prolongaciones de los terceletes dos a

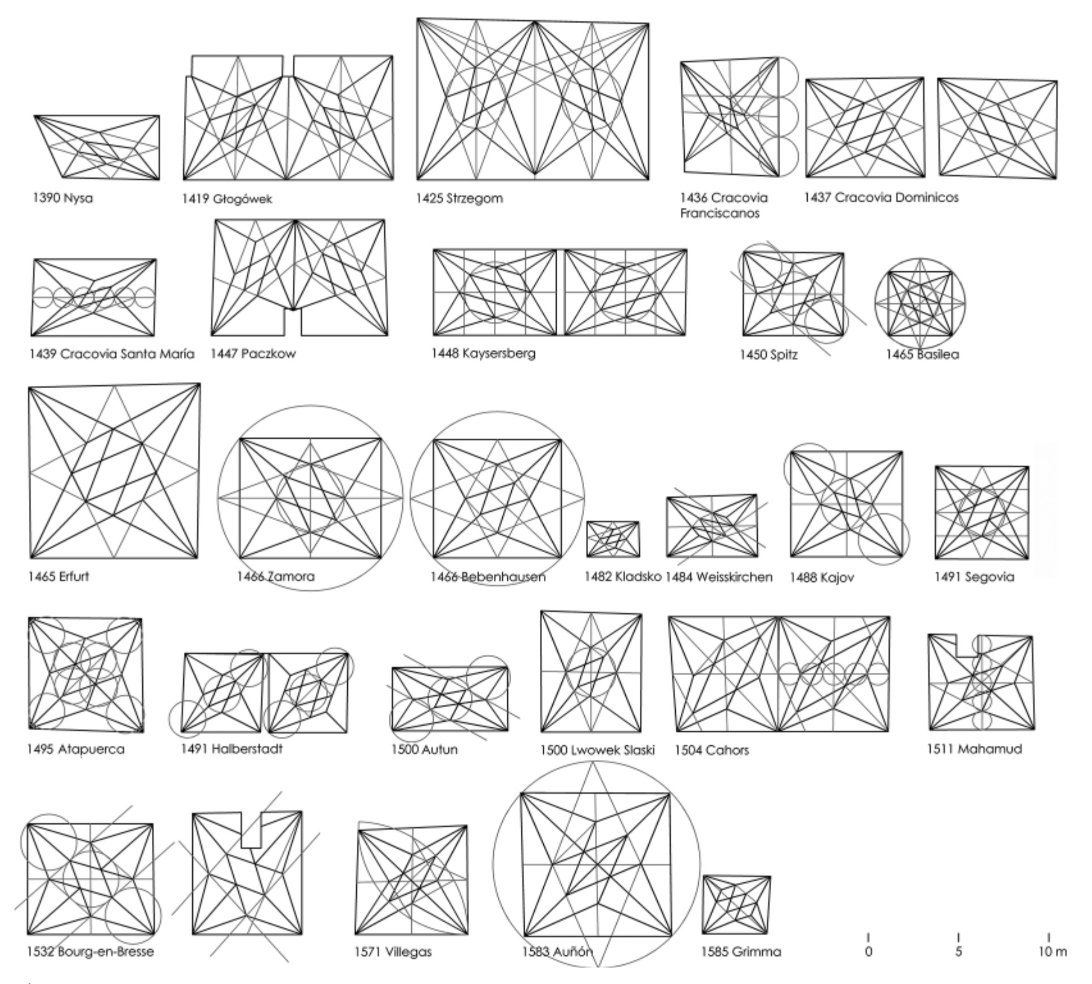


Figura 5
Plantas de las 35 bóvedas analizadas, a la misma escala

dos se cortan en la diagonal y las distancias entre claves son iguales. También se han encontrado casos en los que el primer paso parece ser la posición de las claves de la diagonal principal del rombo y las de los terceletes se sitúan después en la misma circunferencia o alineación (figura 5).

Trece de los 26 casos que sitúan en segundo lugar las claves de la diagonal principal del rombo, resolverían este paso alineando estas claves con la prolongación de los terceletes (todos ellos anteriores a 1485); 6 casos sitúan las 6 claves interiores en la misma circunferencia; 3 alineadas con las claves de los terceletes y 2 trazando las ligaduras paralelas a los terceletes. En algunos casos los pasos 1 y 2 parecen ser uno solo, la división de la diagonal en tres partes iguales (que supone sencillamente unir los vértices de la planta con los puntos medios de los lados opuestos), lo que define una circunferencia que sitúa tanto claves de terceletes como de diagonal principal del rombo (Halberstadt, h. 1491). En algunos trazados sobre planta cuadrada, alinear las claves de la diagonal principal del rombo con los terceletes coincide con situar las 6 claves en la misma circunferencia (Basilea, h. 1465) (figura 5).

En cuanto a los 6 casos españoles analizados, los terceletes parecen haber sido también el primer punto de decisión sobre la planta. En Zamora (h. 1466) la planta rectangular podría estar resuelta haciendo confluir los terceletes largos en la circunferencia circunscrita, lo que sitúa dos de las claves, y ordenando en la misma circunferencia central tanto las cuatro claves de terceletes como las de la diagonal principal del rombo central. En Atapuerca (h. 1490), la división de la luz de los ojivos en cuatro partes iguales situaría los puntos de concurrencia de los terceletes en las diagonales, completándose la planta trazando las ligaduras paralelas a los terceletes. En Segovia (h. 1491), los terceletes seguirían el esquema frecuente en Centroeuropa de alineación con los puntos medios del perímetro; en la misma circunferencia determinada por las claves de los terceletes estarían también las de la diagonal larga del rombo. En Mahamud (h. 1511), el eje cercano al contrafuerte habría sido dividido en cinco partes iguales para situar las claves de los terceletes; una alineación con los puntos medios situaría las claves del rombo, y el trazado de ligaduras completaría el proceso. En Villegas (h. 1571), una planta irregular habría sido resuelta situando tanto los puntos de concurrencia de los terceletes en los ejes como las claves del rombo en el mismo arco de centro un vértice y radio el lado. En Auñón (h. 1583), la prolongación de los terceletes podría confluir en la circunferencia circunscrita y las claves del rombo estarían situadas en esa alineación.

Elevaciones de los nervios

La curvatura de los nervios interiores podría ser común para ojivos y terceletes en 24 casos de los 35 analizados.[8] En la figura 6 se muestran dos de esos casos.[9] En algunas los arcos están peraltados, adelantados o retrasados para alcanzar la cota necesaria en la clave de acuerdo con la traza proyectada. El rango de luz de los ojivos oscila entre 3,19 m (Kłodzko, h. 1482) y 12,8 m (Erfurt, h. 1465). En muchos de los casos el ojivo se configura en dos ramas independientes, que son circulares pero no conforman en común un único arco semicircular, estando sus arranques más cerca o más lejos. Esto ocurre en 19 de las bóvedas analizadas, 15 de ellas trazadas posiblemente con una curvatura única para todos los arcos. En Głogówek (h. 1419), por ejemplo, cada rama del mismo ojivo arranca en cotas diferentes, cuestión que se manifiesta en las dos bóvedas de la sala. En Cahors, aunque los fragmentos de ojivos son muy cortos, en una de las bóvedas el ojivo podría ser semicircular y en la otra, de luz menor, dos ramas del mismo arco pero más próximas. Esta idea se repite en 6 de los 19 casos con ojivos en dos ramas y todos estarían trazados con la misma curvatura.

El análisis de los seis casos españoles revela que los cuatro primeros, Zamora, Segovia, Atapuerca y Mahamud, podrían estar trazados fundamentalmente con una curvatura única para sus arcos. En Zamora, Atapuerca y Mahamud el arco que gobierna la bóveda es el ojivo. Sin embargo, en Segovia dicha curvatura sería algo menor que la diagonal, resultando de desplegar un camino trazado en planta, en línea con los métodos centroeuropeos relacionados con el Prinzipalbogen (López-Mozo y Senent-Domínguez 2017).

La sección de los nervios es única en muchas de las bóvedas analizadas, lo que supone una ventaja constructiva importante en el caso de curvatura uniforme, pues todas las dovelas serían iguales. Sin embargo, existen casos como las dos bóvedas de Paczków en Polonia (1447), donde a pesar de estar

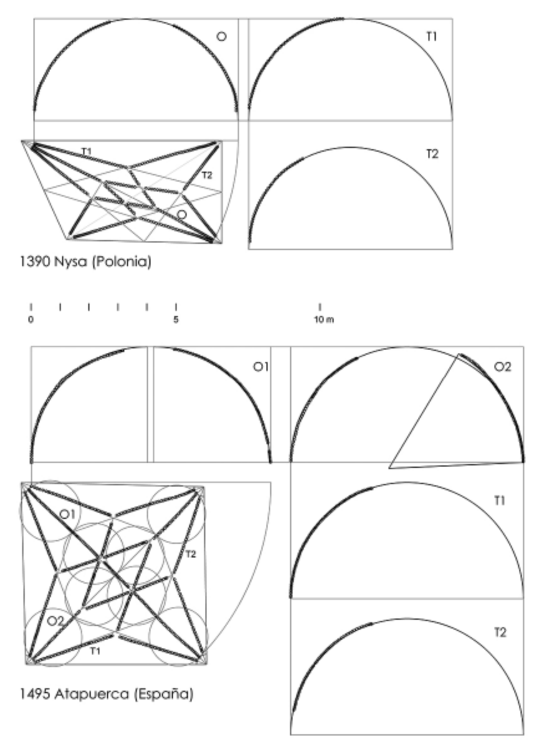


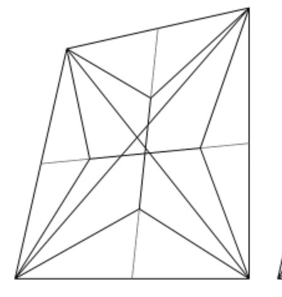
Figura 6
Traza propuesta y puntos de medición para las bóvedas de Nysa, h.1390 (arriba) y Atapuerca, h. 1495 (abajo)

diseñados con una sola curvatura, los nervios tienen sección distinta: los terceletes presentan un canto visible de 37 cm y los ojivos de 24 cm.

Conclusiones

Una de los objetivos de este trabajo era encontrar argumentos que explicaran el surgimiento de este tipo de bóveda. El estudio realizado ha permitido comprobar que 8 de los 11 ejemplos más tempranos, situados en Polonia, cubren una planta marcadamente irregular. La bóveda canónica de terceletes se adapta mal a este tipo de condiciones de contorno. Por un lado, en una planta irregular el punto de corte que determinen las diagonales de la planta puede no ser el más alto de los dos ojivos. Por otro lado, con longitud de diagonales diferente, el acuerdo entre ojivos semicirculares en la clave hay que resolverlo de alguna manera: peraltando el más corto o bajando el más largo o diseñando los dos ojivos con la misma curvatura y disponiendo un tramo horizontal en el más largo en la zona central. Además, ejes a puntos medios y diagonales no se cortan en un punto y los rampantes oblicuos resultan extraños. La bóveda de terceletes con rombo en diagonal, en su configuración más frecuente con un ojivo ausente y el restante sin la parte central, presenta muchas ventajas en plantas irregulares. Sólo hay un ojivo, luego no hay problema de acuerdo entre ellos; no hay clave central, por lo que se evita el problema de no encontrarse en un punto ojivos y rampantes y el ojivo puede conformarse en dos ramas independientes; no hay rampantes, que aquí serían oblicuos y, finalmente, el trazado de terceletes a puntos medios resuelve muy bien la adaptación de la bóveda a este tipo de perímetros (figura 3, 4a). La separación del ojivo en dos ramas independientes permite diseñar la bóveda más alta o más baja con facilidad, pues el radio de curvatura es mucho más libre. Sin embargo, su utilización en los casos estudiados, la mayoría en bóvedas de curvatura única, parece responder más bien al proceso de adaptación de esa curvatura a luces de ojivos diferentes debido a la irregularidad de los perímetros. Todo ello permite proponer que esta tipología podría haber nacido como adaptación de la bóveda canónica de terceletes a un contorno irregular más que como una mera operación de diseño de nervios en planta cuadrada (figura 7).

El objetivo principal de esta investigación es aportar datos que puedan contribuir a afianzar o desmentir transferencia técnica más allá de similitudes de apariencia y ornamentación o presencia de maestros en diversos lugares. La tipología parece nacer con



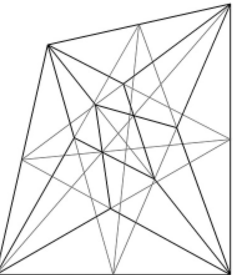


Figura 7
Planta irregular resuelta con bóveda canónica de terceletes y su equivalente con rombo diagonal

unas características, planta irregular, un ojivo ausente y el otro incompleto, que se van desvirtuando en su propagación hacia el oeste, presentando ojivos completos en Francia y España: uno en Autun (h. 1480), uno muy pequeño en Atapuerca (h. 1491) y Mahamud (h. 1511), uno en Villegas (h. 1571) y dos en Auñón (h. 1583). En el gótico español el ojivo es crucial: raramente desaparece y suele tener más canto y ancho. Los resultados del análisis de la forma de la red de nervios, con 4 de los 6 casos españoles con posible curvatura única, podrían hablar de conexiones técnicas con Centroeuropa. El primero de ellos, en la catedral de Zamora, presenta una configuración similar a la que se construía casi a la vez en la Abadía de Bebenhausen: trazado similar de terceletes y curvatura del ojivo gobernando la bóveda. La idea de una conexión técnica previa entre artífices podría ser viable en este caso. La abundancia de ejemplos en toda Europa en los que una curvatura única parece gobernar la bóveda nos habla de una forma de trabajo muy extendida, que seguramente ofrecía ventajas de simplificación de procesos de talla, diseño de cimbras y puesta en obra y versatilidad en cuanto a las diferentes posibilidades de volumetría para una misma planta. Es posible que este método de trabajo estuviera más extendido de lo que creemos. Además, parece fácil transmitir la idea de que todas las dovelas son iguales, sin necesidad de compartir trazas.

Notas

1. Proyecto de investigación «La construcción de bóvedas tardogóticas españolas en el contexto europeo. Innovación y transferencia de conocimiento», financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (BIA2013-46896-P).
2. Tres de las bóvedas fueron medidas con estación total láser (Zamora, Segovia y Auñón) y dos con fotogrametría digital de imágenes cruzadas (Basilea y Bebenhausen). Sin embargo, estos cinco casos también fueron procesados por medio de fotogrametría automatizada para obtener ortofotos de la planta.
3. Una bóveda de este tipo situada en el claustro de la Schottenkirche en Viena fue demolida en 1831 (Reidinger 2007, 194). La bóveda de la iglesia de San Pedro en Frankfurt fue demolida en 1895 (Nussbaum 1999 n. 861). Cuatro bóvedas de este tipo se construyeron ca. 1474 en la Fuggerhaus en Augsburg, que fue destruida en 1945. Agradecemos a Thomas Bauer la información sobre estas bóvedas de Augsburg.
4. La bóveda de Segovia fue construida entre 1473 y 1491 por el maestro Juan Guas originalmente en el claustro de la catedral vieja, que fue desmontado y colocado en el emplazamiento de la catedral nueva entre 1524 y 1529 por Juan Campero (Merino de Cáceres 1996: 479–480).
5. Además, existen bóvedas de este tipo reconstruidas en los Países Bajos, una en la iglesia de St Stevenskerk en Nijmegen, y tres en el claustro de la Abadía de Middelburg, construidas originalmente hacia 1559 y 1579, respectivamente (Steur 1960, 366 y 470).
6. Un análisis gráfico conjunto del trazado de las bóvedas de las cinco fuentes hispano-francesas mencionadas puede consultarse en López-Mozo y Senent Domínguez 2017.
7. Hemos inspeccionado personalmente 37 bóvedas, hemos medido 36 y el análisis se ha efectuado sobre 35. Una de las dos bóvedas de la iglesia de Santa María en Cracovia pudimos verla desde la nave pero no fue posible acceder para medirla. La bóveda de Corrales del Vino no presenta hoy en día un orden o estructura susceptible de ser estudiado, por lo que se ha excluido del análisis; sin evidencias que lo certifiquen, la apariencia sugiere que la bóveda original colapsó y fue reconstruida por artífices inexpertos.
8. Los seis casos en los que la traza de arcos propuesta se aleja más de los datos medidos presentan una distancia máxima entre puntos y traza de 2.8, 4.6 en dos casos, 4.8, 5.7 y 10 cm respectivamente.
9. El análisis gráfico de todas las bóvedas incluidas en este trabajo estará disponible en vaultsconstruction.com.

Lista de referencias

Adamski, Jakub. 2013. Remote artistic connections of the Late Gothic Church architecture in Lesser Poland: figured vaults in the Fifteenth century. En *Artistic Translations between fourteenth and sixteenth centuries. Proceedings of the international seminar for young researchers*. Varsovia: Instituto de Hª del Arte, Universidad de Varsovia.

Andernach, Jakobus Facht von. 1593. *Architektur-Musterbuch des Jakobus Facht von Andernach*. Archivo Histórico de Colonia, Ms. (W*) (Best. 7020) 276. Disponible en historischesarchivkoeln.de.

Böker, Johann Josef. 2005. *Architektur der Gothic–Gothic Architecture*. Salzburg: Verlag Anton Pustet.

Boulade. 1885. *Monographie de la cathédrale de Cahors suivie d'une notice sur le suaire de la tête du Christ, les évêques de Cahors, le pape Jean XXIII, le château de Mercuès, villa épiscopale.* Cahors: Delsaud. Disponible en gallica.bnf.fr.

Bürger, S. 2007. *Figurierte Gewölbe Zwischen Saale und Neisse. Spätgotische Wölbkunst von 1400 bis 1600*. Weimer: Verlag und Datenbank für Geisteswissenschaften.

Calvo López, José. 2016. The Geometry of the Rib Vault in Early Modern Iberian and French Literature. *Tecniche construttive nel Mediterraneo. Dalla stereotomia ai criteri antisismici,* 29–45. Palermo: Caracol

Frankl, Paul. 1945. The Secret of the Mediaeval Masons. *The Art Bulletin*, Vol. 27, No. 1, 46–60.

Frankl, Paul. [1962] 2000. *Gothic Architecture*. Paul Crossley (ed.). New Haven and London: Yale University Press.

García, Simón. 1681. *Compendio de Arquitectura y simetría de los templos*. Madrid: Biblioteca Nacional de España, Mss 8884. Disponible en bdh-rd.bne.es.

Gil de Hontañón, Rodrigo. h. 1560. *Manuscrito* (Incluido en Simón García, *Compendio de Arquitectura y simetría de los templos*, 1681). Madrid: Biblioteca Nacional de España, Mss 8884. Disponible en bdh-rd.bne.es.

Hammer, Hans. h. 1500. *Libro de patrones*. Ms. Cod. Guelf. 114.1 Extrav. en la Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel. Disponible en http://diglib.hab.de.

Hanulanka, Danuta. 1971. *Sklepienia późnogotyckie na Śląsku*. Wrocław: Zakład Narodowy im. Ossolińskich.

Huerta Fernández, Santiago. 2016. Willis's sources on gothic vault construction. *Robert Willis. Science, Technology and Architecture in the Nineteenth century*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 297–320.

Ibáñez Pérez, Alberto Cayetano. 1991. Algunas obras burgalesas del escultor Juan de Esparza. *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología*. Vol. 57: 341–352.

López-Mozo, Ana y Rosa Senent-Domínguez. 2017. Late Gothic Asymmetrical Diamond Vaults in Spain. *Nexus Network Journal*. doi:10.1007/s00004-017-0337-9.

Martín Martínez de Simón, Elena. 2013. Arquitectura religiosa tardogótica en la provincia de Burgos (1440–1511). Tesis doctoral. Universidad de Burgos.

Merino de Cáceres, José Miguel. 1996. El claustro de la catedral de Segovia. *Estudios segovianos* 94: 477–507.

Müller, Werner; Norbert Quien. 2005. *Virtuelle Steinmetzkunst. Der Österreichischen und Böhmisch-Sächsischen Spätgotik*. Petersberg: Michael Imhof.

Muñoz Jiménez, José Miguel. 1987. *La Arquitectura del Manierismo en Guadalajara*. Guadalajara: Institución Provincial de Cultura «Marqués de Santillana».

Nussbaum, Norbert; Lepsky, Sabine. 1999. *Das gotische Gewölbe. Eine Geschichte seiner Form und Konstruktion.* Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

Palacios Gonzalo, José Carlos. 2006. The Gothic Ribbed Vault in Rodrigo Gil de Hontañón. *Proceedings of the Second International Congress on Construction History*, 3 vols.: 2415–2431. Cambridge: Construction History Society.

Rabasa Díaz, Enrique. 1996. Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI. *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción,* 423–433. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Rabasa Díaz, Enrique, Miguel Ángel Alonso Rodríguez y Elena Pliego de Andrés. 2015. Trazado de bóvedas en las fuentes primarias del tardogótico: configuración tridimensional. *Actas del Noveno congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción,* 1399–1408. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Ramos de Castro, Guadalupe. 1982. *La catedral de Zamora*. Zamora: Fundación Ramos de Castro para el Estudio y Promoción del Hombre.

Reidinger, Erwin, et al. 2007. Die Schottenkirche in Wien: Lage-Orientierung-Achsknick-Gründungsdatum. En Österreichische Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege 2/3: 181–213.

Riedel, Otto. 2011. Die Steinmetzzeichen am Langhaus der Pfarrkirche in Perchtoldsdorf Ein Beitrag zur Baugeschichte. Universidad de Viena. Disponible en: https://www.perchtoldsdorf.at.

Rixner, Wolfgang and Jerg Reiter. 1445–1599 (Rixner 1445–1515 y Reiter 1540–1599). *Bauhüttenbuch des Wolfgang Rixner*, Vienna, Albertina, Cim. VI, Nr. 5. Consultado el facsímil electrónico remitido por el Museo.

Röhrig, Edgar (ed). 1999. *Basilika Minor. Die Stiftskirche St. Peter und Alexander Aschaffenburg*. Regensburg: Schnell und Steiner.

Schifter, Anton. 2010. «Eine Gruppe spätgotischer Sakralbauten im Umfeld der Admonter Bauhütte». Tesis doctoral, Universidad de Viena. Disponible en http://othes.univie.ac.at.

Schurr, Marc Carel. 2007. *Gotische Architektur im mittleren Europa 1220–1340: von Metz bis Wien*. Berlín: Deutscher Kunstverlag.

Steur, JAG van der. 1960. *Kunstreisboek voor Nederland.* Amsterdam: P. N. Van Kampen & Zoon N. V.

Vicente Pradas, José Mª. 2016. «Arquitectura gótica en Zamora y su provincia». Tesis doctoral, Universidad de Valladolid. Facultad de Filosofía y Letras. Disponible en http://uvadoc.uva.es.

Frente escénico del teatro de Augusta Emérita. Interpretación de la construcción romana mediante hormigón y acero en la primera mitad del siglo XX

María López Romero

El recinto arqueológico que conforma en la actualidad el conjunto teatro – anfiteatro romano de Mérida, se encuentra situado al Este, en el interior de la ciudad antigua, de hecho el muro Noreste del anfiteatro puede considerarse parte de la muralla de la antigua ciudad romana Emerita Augusta.

Centrando el tema al edificio que nos ocupa, el teatro, el monumento más visitado en Extremadura, recuperando además, en el periodo estival, el uso para el que fue concebido, sede del Festival Internacional de Teatro Clásico, siendo el frente de escena, el emblema de la ciudad, internacionalmente reconocido.

La construcción original del teatro data del año 15/16 a.C., pues incluso hoy en día, se pueden observar a simple vista, las inscripciones fundacionales de Marco Agripa en ambos dinteles de los «*aditus maximi*», cuya titulatura nos lleva a determinar la fecha exacta.

Si bien, resulta importante analizar la planta del edificio del teatro, en base a las normas y proporciones, presentadas por Vitruvio, puesto que cada edificio público romano de cada ciudad, tiene un carácter único y propio, las trazas y proporciones se mantienen constantes en cada tipología.

Siguiendo lo determinado por Vitruvio, trazamos el círculo correspondiente al diámetro de la *orchestra*, obteniendo en el caso de Mérida, una medida exacta de 60 pies romanos de diámetro, con cuyo módulo, nos permite componer las principales medidas en planta y alzado del teatro en su conjunto y frente escénico (pese a la diversas intervenciones, reconstrucciones y anastilósis ejecutadas en el mismo).

Tras las últimas investigaciones arqueológicas dirigidas por Pedro Mateos Cruz, se nos revela que el frente escénico, se data en época trajanea, rebatiendo la teoría hasta ahora más extendida, de la marmorización del frente original augusteo, en época del emperador Trajano. Mateo sostiene, a la luz de los últimos hallazgos, que el frente escénico actual, no es un reforma a la estructura augustea original para monumentalizarlo en época de Trajano, sino que es una estructura íntegramente reconstruida, casi un siglo después de la titulatura de Marco Agripa, bajo el mandato del emperador hispano Marco Ulpio Trajano.

Los materiales constructivos principales en el frente de escena son el granito y el mármol, encontrando también, aunque en menor medida, ladrillo.

El granito es un material excepcionalmente abundante en el entorno de Mérida, donde se han documentado numerosas canteras a una distancia media no superior a 12 km (Pizzo, 2007). Una de las canteras más importantes es la del batolito de Proserpina que proporcionó grandes cantidades de granito porfídico.

Los aparejos son mayoritariamente de *opus quadratum* con sillería de granito colocada a hueso sobre un núcleo de *opus caementicium* (Mateos Cruz, 2001) (con inclusiones de fragmentos de diorita), así como *opus mixtum* (sillería de granito y ladrillo). Para asegurar la estabilidad de los bloques era común el empleo de grapas (cuando se trata de unión de si-

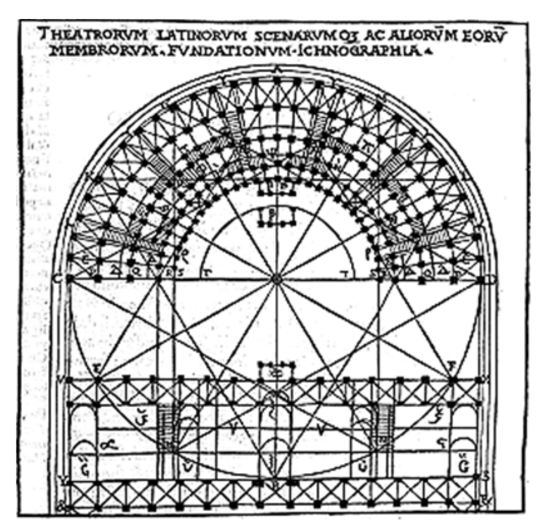


Figura 1
Ilustración grabada en madera (Cesare Cesariano, 1521). Edición en italiano del manuscrito original *De architectura* de Vitruvio. Libro V, capítulos 3 al 9

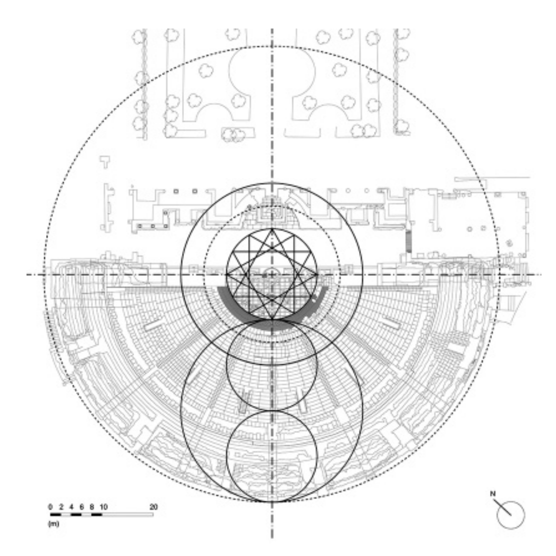


Figura 2
Planta del teatro romano de Mérida, con la superposición de la trama modulada, siguiendo las indicaciones de Vitruvio (Planta Consorcio de la Ciudad Monumental de Mérida. López Romero, 2017)

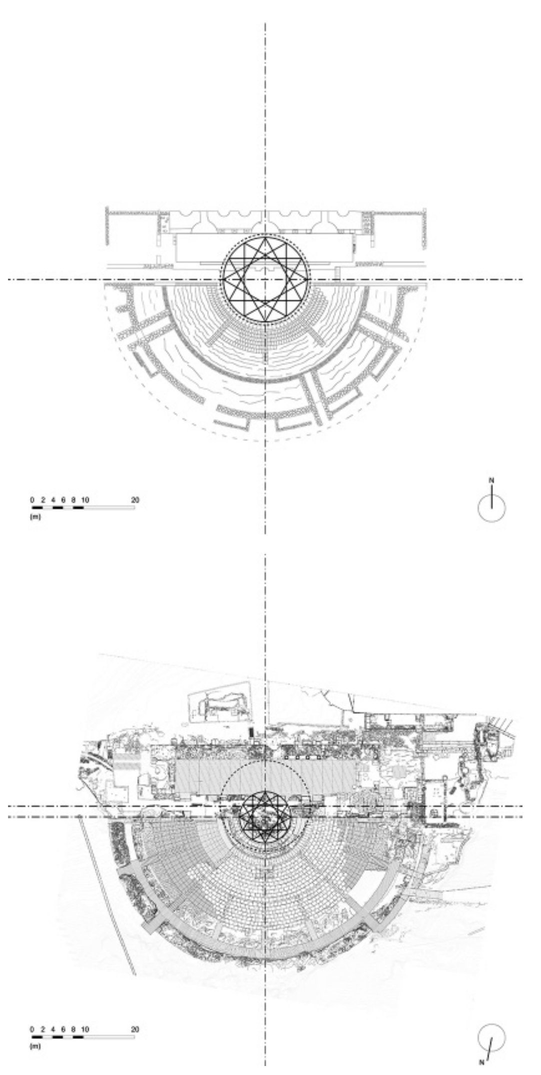


Figura 3
Comparativa con teatros romanos cercanos. (a) Izquierda, planta del teatro romano de Regina, con módulo de 55 pies romanos, en línea discontinua el módulo emeritense (Planta Servicio de Obras y Proyectos de Patrimonio de la Junta de Extremadura. López Romero 2017). (b) Derecha, planta del teatro romano de Medellín, con módulo de 25 pies romanos, en línea discontinua el módulo emeritense (Planta Manuel Viola Nevado. López Romero, 2017)

llares de una misma hilada horizontal) y clavijas o espigas (cuando se trata de hiladas superpuestas) generalmente de hierro, bronce o plomo (Durán, 1990).

Se han encontrado restos de estas aún visibles en el teatro. Los metales se alteran especialmente durante la fase de enterramiento y posterior excavación por lo que apenas se han conservado elementos de fijación, si han dejado huella las manchas de óxido documentados en numerosos sillares y los restos de productos de corrosión metálica.

Como en el caso anterior, la proximidad de zonas de explotación de mármol, y su gran calidad, condiciona su prominente uso. La provincia lusitana contaba con una de las zonas de mayor riqueza de mármol de toda la Península, conocida como la Ossa Morena, con numerosas canteras de gran calidad que incluso exportaban a otras regiones del Mediterráneo. Entre estas canteras destacan las del anticlinal de Estremoz (Fusco, Mañas, 2006).

Existen diversas tonalidades y tipologías, desde los tonos crema de los elementos ornamentales hasta los grises utilizados en las columnas de los dos órdenes del frente escénico, procedentes de diversas canteras de la provincia. Son mármoles de origen dolomítico de grano medio y fino (Mañas, 2009). Su gran calidad reside en su baja porosidad, gran resistencia y compacidad, así como una notable uniformidad mineralógica (más notable en el mármol blanco).

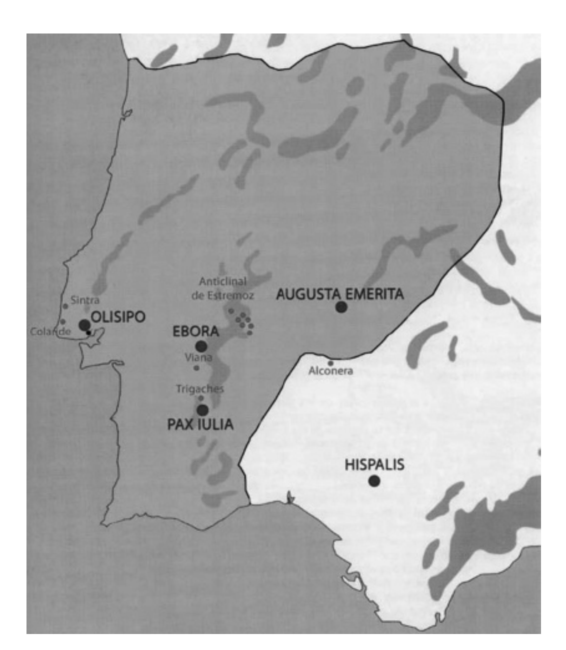


Figura 4
Canteras de Lusitania (Fusco, Mañas, 2006)

Tipos de mármol:

1. Mármol blanco: procedente del anticlinal de Estremoz, los tonos crema son los más utilizados para la ornamentación del frente, pudiéndose encontrar en arquitrabes y cornisas del entablamento así como capiteles y basas de ambas columnatas. Es una piedra muy compacta, homogénea (con pocas impurezas) y poco porosa.
2. Mármol gris: esta variedad aparece en la zona sur del anticlinal y se caracteriza por su tono gris con bandeados en tonos blancos, y viceversa. Las encontramos en todas las columnas del frente escénico, así como en las placas de revestimiento que cubren el podio.
3. Caliza rosa: procede de las canteras de Alconera. Se trata realmente de una caliza con aspecto marmóreo, de color rosado y violáceo con veteado blanco y grisado. Hoy día se encuentra como revestimiento en el zócalo del frente escénico, conservándose la mayor parte de las placas de recorrido en planta.

El aparejo de ladrillo tiene escasa presencia en el frente de escena, se encuentra rellenando algunos huecos entre los sillares de granito del podio.

El edificio se amortiza en el siglo IV, y tras haber tenido un uso como edificio de espectáculos durante todo el periodo romano, experimenta un progresivo abandono, al que además se le añade su uso como cantera, para la construcción de otros edificios o restauraciones. Poco a poco se llega a convertir en un vertedero, hasta colmatarse con tierra toda la superficie que lo rodea, quedando oculto hasta el nivel del graderío superior, que será reaprovechado, en última instancia como graderío de coso taurino.

Únicamente se observaba por encima de la cota suelo los restos de la *summa cavea* del teatro, conociéndose la zona, por los emeritenses del siglo XIX, como «las siete sillas», pues esta era la silueta que sobre el cielo de la Mérida contemporánea se recortaba, los últimos vestigios de este gran edificio público romano.

Frente Escénico Anastilósis – Reconstrucción

José Ramón Mélida y Maximiliano Macías. 1910

Las excavaciones arqueológicas, dirigidas por José Ramón Mélida y Marcelino Macías, comienzan en 1910, existiendo desde entonces la intención de conservar *in situ* la mayor parte del monumento, reconstruir el teatro y ponerlo en valor. Es el propio Macías el encargado de redactar el primer proyecto de restauración en 1916 (cuya ejecución se encargaría al arquitecto Antonio Gómez Millán), una vez finalizadas las excavaciones de la escena y el graderío en 1914.

Antonio Gómez Millán. 1916–1928

Con fecha del 30 de agosto de 1916 se presentó, el primer proyecto de reconstitución del Teatro romano de Mérida. El arquitecto fue Antonio Gómez Millán. Para ello estudió en profundidad los textos de Vitruvio y los teatros de Orange (Francia) y Dougga (Túnez), tratando de documentar obras análogas que le permitiesen argumentar sus propuestas.

Sabemos que en 1920 se destina un presupuesto para clasificar los mármoles y los elementos descubiertos durante las excavaciones y la reconstrucción completa del zócalo de la escena. Estos trabajos se inician en enero de 1921.

Un segundo proyecto, firmado también por Gómez Millán, se presenta el 13 de febrero de 1923. En él se planteaba la colocación de seis dinteles sobre las siete columnas más sólidas, la construcción del interior del friso con mampostería irregular y rematar todo con la cornisa.

El muro del fondo hubo de levantarse hasta la altura de dicha cornisa para poder fijarla. Este respaldo se reconstruyó de mampostería, como era lo que se conservaba de la parte inferior de dicho muro. No se pensó en rehacer los estucos ni revestimiento alguno, aunque se tenían datos suficientes, pero sí en completar el revestimiento del basamento al haber aparecido numerosas molduras del plinto y de su coronación *in situ*.

La reconstitución del primer cuerpo de la escena del teatro se realizó entre enero de 1921 y junio de 1925, «… y se llegó, en la extensión de los trabajo, hasta donde el arquitecto creía tener certeza de cómo había sido realmente el teatro en su última etapa de vida…», siguiendo los preceptos de la Escuela Restauradora, ordenando los elementos existentes en su emplazamiento original. Para ello contaba con los conocimientos del arqueólogo y las improntas y restos de los basamentos de las columnas.

En 1925 quedaron, según Mélida, colocada veinticuatro de las veintiocho columnas del primer cuerpo, más de la mitad incompletas. Finalizada la reconstitución parcial del primer cuerpo, Mélida propone levantar el segundo orden, pero no parece que Gómez Millán hiciese más que algún esbozo. La

Figura 5
Fotografía del teatro durante las primeras campañas de excavación (Archivo Gómez Millán)



Figura 6
Fotografía del teatro tras la intervención de Gómez Millán (Archivo Loty - 07600 del IPCE)

gran duda que planeaba, era la definición de la altura del basamento.

El arquitecto Gómez Millán, director de las obras de restauración del Teatro romano de Mérida dimite en 1928 alegando motivos de salud.

Pablo Gutiérrez Moreno. 1930–1936

Por Decreto de 26 de julio de 1929, se reorganizan los Servicios del Tesoro Artístico Nacional, de manera que el territorio español se divide en seis zonas, quedando Mérida incluida en la Quinta zona de la que se nombra arquitecto conservador a Pablo Gutiérrez Moreno. Durante su nombramiento, se usará de nuevo el monumento como edificio de espectáculo, en 1933 con la primera representación de la obra Medea.

Félix Hernández Jiménez. 1936–1954

En mayo de 1936 se nombró a Félix Hernández Jiménez arquitecto oficial de Mérida, cargo que ejerció hasta el inicio de la Guerra Civil cuando se paralizaron todos los trabajos.

En 1940 continuó como arquitecto director de la obras. En este momento los criterios teóricos de restauración eran los afines al régimen franquista con intervenciones protagonizadas por el monumentalismo. El proyecto de intervención, continuó definiendo el graderío y limpiando y consolidando los restos conservados en algunos de los vomitorios altos.

En el año 1948 presentó un nuevo proyecto. Se proponía intervenir en los dos sectores inferiores del graderío. En cuanto a la escena, se restituirían los elementos para completar el primer cuerpo, colocándose algunas piezas originales encontradas en las excavaciones del teatro y otras nuevas que remplazasen a las peor conservadas o a las inexistentes (5 basas, 4 fustes en mármol azul veteado en blanco procedente de la Alconera, 3 capiteles, 8 pilastras: 2 en el hemiciclo y 6 entre el ala Este y Oeste), se emplazarían donde más favoreciesen la estabilidad de lo construido. En los capiteles se esbozarían los motivos florales así como en los tableros moldurados realizados para forrar el arquitrabe de hormigón armado.

A partir de ese año los trabajos de restauración se centraron en la consolidación y reconstrucción de muros de la escena en mampostería, con las puertas de acceso según los restos que quedaban, cerrándose por su frente y costados a la altura del primer orden. Se continuó con la clasificación de los restos hallados. Y se inicia el estudio de una posible reconstrucción del resto por anastilósis. Los trabajos continuaron hasta 1954.

Desde el año 1934 no se había vuelto a realizar ninguna representación en el monumento hasta el año 1953, cuando se reinició su uso como edificio de espectáculos, con la representación de la obra Fedra, a cargo de una compañía de teatro universitario.

José Menéndez-Pidal Álvarez. 1962–1979.

A partir de 1964, el arquitecto Menéndez-Pidal es el encargado de finalizar la reconstrucción del conjunto del teatro, actuando en toda su extensión y dándole el aspecto final que observamos en la actualidad. Las pautas metodológicas fueron planteadas inicialmente sobre las siguientes directrices:[1]

1. Consolidación previa de las primeras hiladas en el proceso de recrecido de las fábricas, interponiendo mortero de arcilla para evitar el asentamiento directo sobre el lecho original.
2. Reposición de sillares con piedra artificial elaborada in situ a partir de las improntas de los elementos desaparecidos conservadas sobre la fábrica original, lo que permite, mediante sistema de moldeo, restituir la forma original. Solo en casos excepcionales se usan sillares de granito labrados «*ad hoc*».
3. Consolidación estructural en zonas de inestabilidad manifiesta, empleando llaves ocultas en el hormigón armado. Así como cemento como mortero estructural y en inyección a baja presión.
4. Recomposición de piezas fragmentadas con fijaciones de anclajes recibidos y pegados con resinas de alta resistencia.

Ese mismo año se procede a la consolidación de los vomitorios del graderío superior que fueron apuntalados provisionalmente, se cerraron las roturas y se voltearon los arcos de piedra de las bóvedas de los vomitorios, concluyendo las bóvedas con ladrillos.

Se había mantenido el empeño y la ilusión durante todo el siglo XX, en las grandes posibilidades

que ofrecía la viable reconstrucción[2] de la escena. El reto de resolver por anastilósis el rompecabezas gigante de los distintos fragmentos y piezas, fue una compleja tarea, dónde rápidamente surgió el convencimiento de que utilizando exclusivamente los elementos originales romanos de que se disponía, sería imposible un resultado constructivamente factible y real del edifico que constituía el frente de escena, obligando al equipo capitaneado por Menéndez-Pidal, a pensar en el aspecto general final que debía tomar este, pues una vez acabada su recomposición, resultaba de vital importancia, que este definiese lo mejor posible lo que fue una de las posibles fachadas originales romanas, sin dejar de lado el rigor científico con el que debía de llevarse a cabo, tan delicada operación.

El elemento resultante, debía tener una lógica constructiva que se asemejara al concebido por sus constructores originales y una disposición compositivamente armónica. Se visitaron detenidamente algunos de los más completos conjuntos de arte romano en Oriente Próximo, Libia, Túnez y Argel, lo que permitió conocer los diferentes sistemas empleados en casos similares a Mérida, tanto para la documentación gráfica de los edificios, como de los nuevos materiales empleados en su reconstrucción. Se realizó una propuesta gráfica de sección transversal del frente, con todos los elementos originales romanos de los que se disponía, arrancando desde aquí, los trabajos en 1967.

La reconstrucción de la escena se comenzó por el sector derecho, y una vez terminado este, se inició el izquierdo. Para ello se clasificaron todos los materiales constructivos y se montaron en una fase preliminar a su reubicación. Recopilando todo el material posible, procedente del teatro y disperso por toda la ciudad. Los materiales que no fueron utilizados se depositaron en el Museo.

La mayoría de las columnas, incluyendo basas y capiteles, y la práctica totalidad de las cornisas del primer y segundo orden, se conservaban entre los restos excavados, aunque en estado fragmentario, por lo que se procedió a su recomposición mediante el uso de una resina sintética (Krauto©), en sustitución del cemento, y cosidos con acero. Técnica que se había ejecutado con éxito en Baalbek, por la Escuela de Arqueología Francesa, ya que con el uso de esta resina, se aseguraba la inalterabilidad del acero de alta resistencia empleado, así como de la solidez y fuerza cohesiva entre las uniones de elementos pegados con la misma.

Para el armado metálico se empleó la patente sueca Perfo©, utilizado en anclajes de obra civil, y también con amplia experiencia en otros países europeos. Una forma de cementar los pernos a partir de la introducción en el interior del barreno de un cuerpo cilíndrico de láminas de hierro perforado al que se le ha introducido mortero de hormigón, posteriormente se introduce el perno que comprime el mortero obligándolo a salir por los agujeros del cilindro, rellenando así, el volumen del barreno. De esta forma, se permite una pulcra recomposición de los fustes, evitando zunchos y atados diversos, dejando, por una parte bien patentes, aunque reintegradas cromáticamente, las partes que inevitablemente fue preciso recomponer.

La nueva composición de la escena supuso el desmontaje del entablamento del primer orden realizado por Gómez Millán, por considerar Menéndez-Pidal que sus elementos estaban erróneamente dispuestos.

Solo se introdujeron dos fustes de nueva construcción por razones de estabilidad a ambos lados de la valva regia, construidos con mármol de las canteras de Estremoz (la utilizada en la obra primitiva), despiezados en tres tambores y marcados con una «R» para distinguirlos del resto.

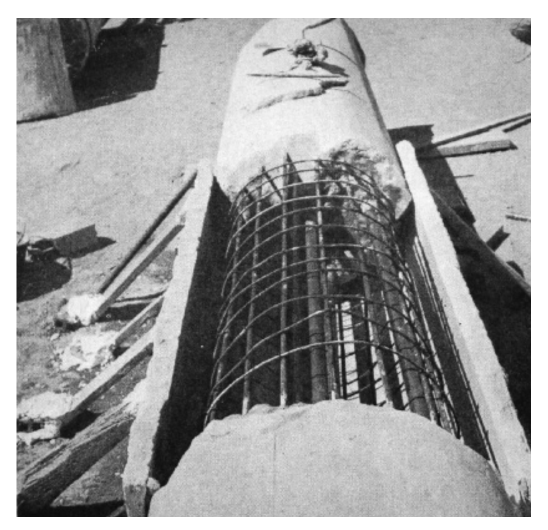


Figura 7
Proceso de reconstrucción de un fuste de columna (Archivos del MNAR)

Las basas se aprovecharon todas, incluidas las fragmentadas, que fueron reforzadas con Krauto©, labrándose cuatro nuevas en mármol blanco, como las primitivas, aunque de distinta cantera y calidad, por motivos de estabilidad estructural de la columna.

Los capiteles de ambos órdenes de columnas se aprovecharon también en su totalidad, preparando con resina, de manera idéntica a los fustes y basas, los lechos inferiores y superiores, para obtener un correcto asiento de los mismos, evitando cualquier compromiso estructural derivado de un mal asiento.

El resto de la operación, era ya mecánica y rutinaria, resultando mucho más sencilla de ejecutar. Los arquitrabes se recompusieron con hormigón armado, sobre ellos apoya la fábrica de ladrillo hueco para aligerar peso a las columnas, esta se reviste con chapado que recuerde al despiece de la sillería de granito, también con el objetivo de aligerar al máximo el peso de la estructura, que descansa sobre las reparadas columnas originales.

Los elementos ornamentales originales de mármol, cornisas y secciones de arquitrabe fundamentalmente, se anclan mediante grapas de diversas secciones y tipología de acero (se han detectado grapas de bronce en piezas ancladas al muro de mampostería del *poscaenum*), a los arquitrabes de hormigón armado. También se utilizan grapas de acero de sección circular, anclando piezas de mármol entre sí.

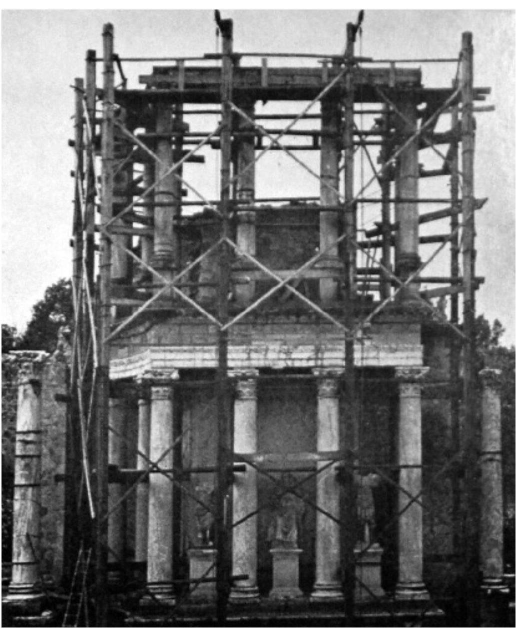


Figura 9
Trabajos de reconstrucción del sector derecho, obsérvese el encofrado de madera sobre las columnas del segundo orden, para el vertido del hormigón (Archivos del MNAR)

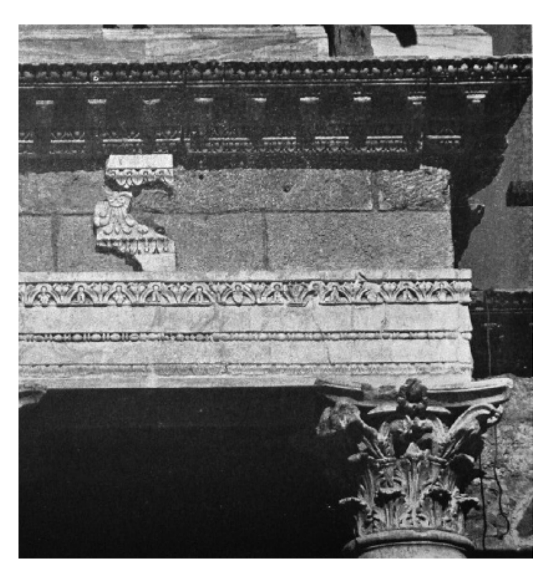


Figura 8
Capiteles y entablamento del primer orden, sector derecho (Archivos MNAR)

Entre los años 1966 y 1967 se intervino en la protección del graderío interponiendo entre este, de mampostería y la estructura original romana una cama de arena, para sobre ella conformar el hormigón lavado: «El hecho de interponer la arena entre la mampostería romana y la terminación actual, es para no dañar la obra original y crear una situación reversible, en caso de variar, con el paso de los años, los criterios de intervención en monumentos de esta categoría». (Menéndez-Pidal, 1966).

En 1968 se inició la conservación del *poscaenum* y del pavimento de la *orchestra*. Se emprendió un nuevo proyecto para la restitución del graderío, continuándose los trabajos hasta 1970, donde además se interviene en la escalera y vomitorio del graderío superior. Estos últimos trabajos fueron compartidos con el arquitecto Manuel Cuadrado.

Durante el año 1972 se intervino en el ala derecha del peristilo del *poscaenum* junto a los arquitectos Ma-

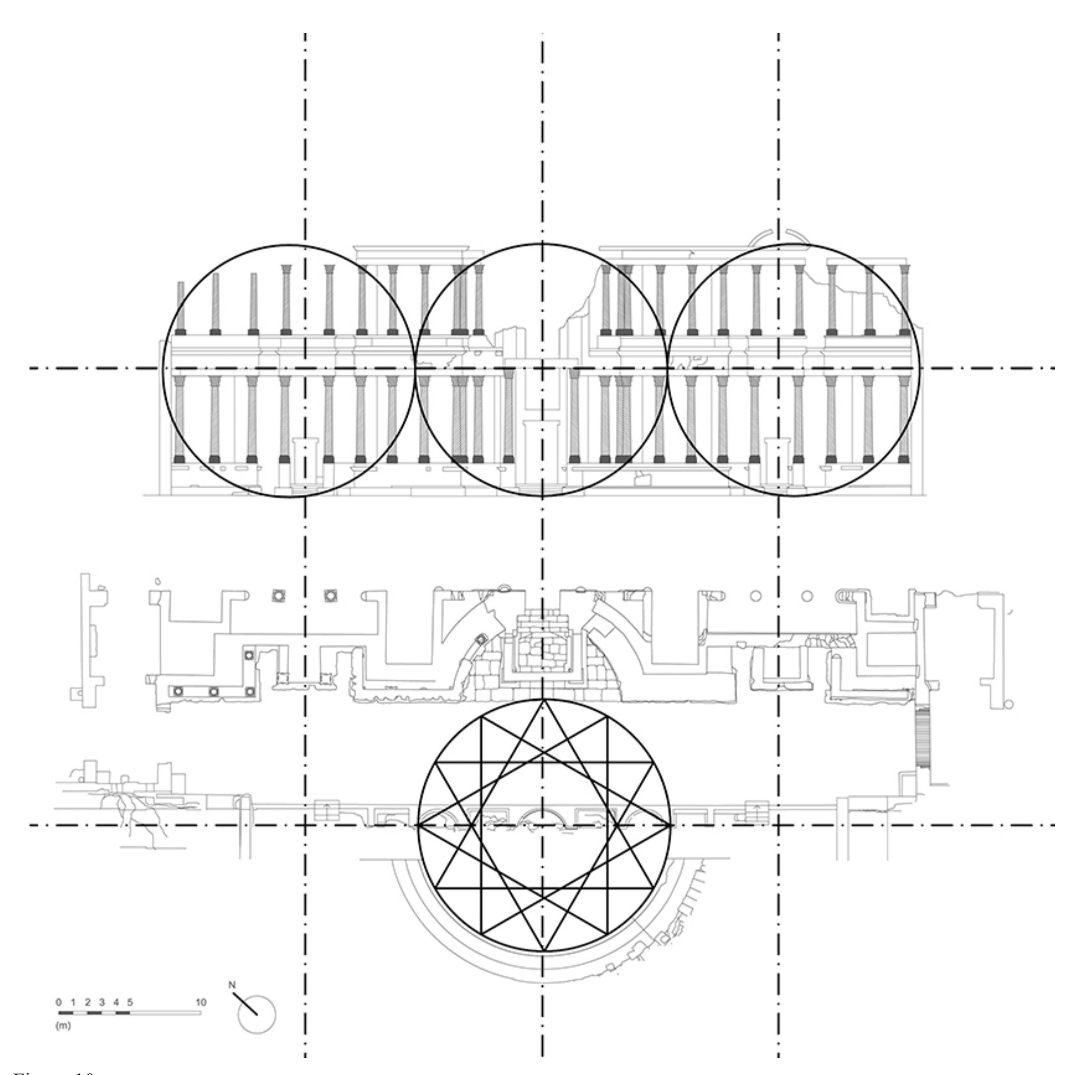


Figura 10
Planimetría con módulo en alzado 60 pies romanos (Planta levantada por el Consorcio de la Ciudad Monumental de Mérida. Alzado de López Romero, 2017)

nuel Cuadrado Isasa y José Sancho Roda siguiendo los principios vitruvianos, así levantó un techo en forma de pérgola de hormigón armado para recrear el volumen y recuperó *la schola*, hoy conocida como Aula Sacra, los restos de la letrina y una fuente contigua.

En 1979 finalizaron los trabajos con el cierre del recinto que incluía teatro y anfiteatro. Se limpió la zona de escombros y se creó de una nueva instalación de evacuación de aguas pluviales.

Dionisio Hernández Gil. 1981–1985

En 1981 el arquitecto recibe el encargo de proteger el graderío, pues el deterioro por el elevado tránsito de visitantes, así como el uso del edificio como teatro, sede del Festival Internacional de Teatro Clásico cada verano, produce una erosión grave a las estructuras históricas, cuestión ya detectada por Menéndez-Pidal.

Mediante una estructura de fibra de vidrio y poliéster, desmontable y apilable. Encargaron la elaboración de las réplicas de las esculturas para la escena al escultor Francisco López Hernández quien dirigió y trabajó en la realización de las reproducciones.

Rafael Mesa Hurtado y Jesús Mª. Martínez Vergel. 1988–1994.

A partir de 1988 y hasta 1990 los arquitectos Rafael Mesa Hurtado y Jesús Mª Martínez Vergel dirigieron los trabajos de restauración. Intervinieron en los accesos a los vomitorios del graderío superior levantando seis entradas recuperando la idea de muro continuo en la fachada posterior.

Juan Aguilar Gutiérrez. 1995–1996.

Se ejecuta un proyecto de intervención general en el frente, dirigido por el restaurador Juan Aguilar, a cargo de la Consejería de Cultura y Deporte de Extremadura. Los criterios de intervención se adecúan ahora a la evolución de la disciplina, privilegiando los criterios de compatibilidad de materiales y mínima intervención.

La envergadura del proyecto acometió la intervención directa sobre el monumento para la limpieza, la sustitución y refuerzo de anclajes, la protección de cornisas y coronaciones, un estudio exhaustivo del estado de conservación que incluía importantes análisis de materiales, detección de metales, biodeterioros, y documentación georreferenciada en 3D.

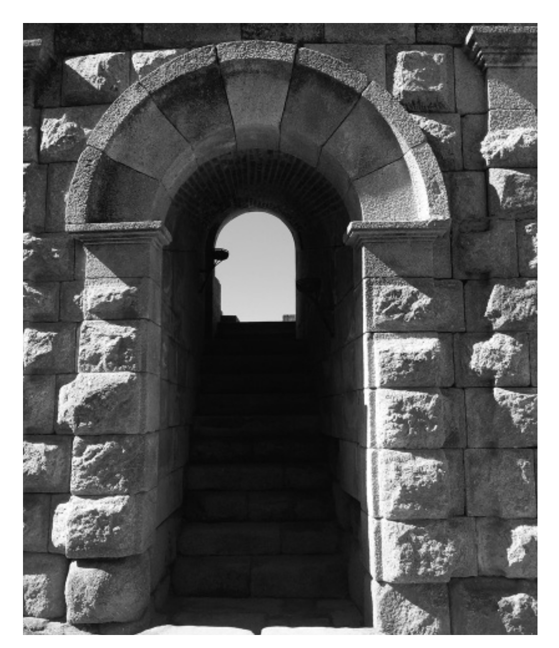


Figura 11
Fotografía del vomitorio 1 de acceso a la «*summa cavea*», reconstruido por Mesa y Martínez (López Romero, 2017)

1996

Desde la creación del Consorcio de la Ciudad Monumental de Mérida, esta institución se hace cargo del mantenimiento de los monumentos de la ciudad con especial dedicación al teatro romano debido a sus reconocidos valores y atractivo turístico entre otros. Desde entonces se han promovido diferentes actuaciones de conservación, mantenimiento y restauración.

2005 - 2010

Se ha procedido a la recolocación de varios fragmentos del primer cuerpo de columnas, que se presentaban desplazadas o con riesgo de desprendimiento.

Durante estos últimos años se han documentado hasta 25 desprendimientos de fragmentos marmóreos en el frente, registrándolos y documentándolos para su almacenamiento en las instalaciones del Consorcio de Mérida.

2014 - 2016

Se redactan distintos proyectos en el que se contemplan diferentes intervenciones para la conservación y restauración del frente escénico, financiados por el Ministerio de Cultura.

2017

Se ha redactado un proyecto de ejecución por parte del Servicio de Obras y Proyectos de la Secretaría

General de Cultura de la Junta de Extremadura (suscrito por la autora, María López Romero), en colaboración con El Consorcio de la Ciudad Monumental de Mérida, para la ejecución, en este mismo año, de la Fase III, definitiva, «Proyecto de conservación, restauración y mantenimiento del frente escénico del teatro romano de Mérida».

Todas las medidas que han resultado positivas en las fases previas, se recogen de nuevo en el presente proyecto, que constituye un compendio de todas aquellas actuaciones necesarias para la restauración integral del frente.

Frente escénico hoy

El elemento constructivo que observamos hoy, emblema internacionalmente reconocido, es el resultado de los distintos avatares histórico – constructivos que ha sufrido el edificio a lo largo del tiempo.

Ha sufrido reformas constructivas de mucho calado en distintas épocas romanas, resultado de decisiones políticas, con respuestas constructivas acordes a la época, la monumentalización de los edificios públicos romanos, el embellecer mediante la «marmorización», por parte del emperador de origen hispano, otorgan el carácter y la complejidad a los edificios, que los hacen únicos, pese a que sigan una trazas generales proporcionadas, marcadas por Roma.

El abandono, expolio (uso de cantera) y su situación de elemento «ruina» congelada en el tiempo durante siglos, lo envuelve en un halo de misterio, recogido por visitantes en grabados y dibujos a lo largo del tiempo. No es hasta principios del siglo XX, con una nueva visión e interés científico, cuando se produce la excavación, recuperación y reconstrucción del teatro, con su frente escénico, como buque insignia.

El frente escénico, como un conjunto de etapas constructivas superpuestas, es un resultado hoy, que permite leer y reconocer un conjunto complejo, una respuesta contemporánea, de lo que en su día pudo haber sido.

Rápidamente en los años 60, se dieron cuenta, de que una anastilósis pura, era una respuesta imposible e insuficiente, para la reconstrucción de un elemento tan complejo como este. Se plantea, con las tecnologías más avanzadas del momento, una estructura de hormigón armado, sobre la que sostener un artificio de piezas originales de mármol, que nos den una imagen a escala de real, de la estructura que se creía relativamente cierta.

Operación constructiva de resolución de un rompecabezas de complejas piezas, no exenta de críticas, que hoy en día sería una misión imposible de llevar a cabo, pero que visto desde un punto de vista actual, ha permitido mostrar al público una interpretación constructiva, de lo que pudo haber sido ese frente escénico, y por extensión, un teatro romano, siguiendo las trazas, con el máximo rigor científico, que los vestigios permitían, y con bastante economía de medios.

Lugar donde hoy en día conviven secciones originales, mezcladas con intervenciones y reformas de época contemporánea, todas ellas igual de importantes, que coexisten en simbiosis, pues no podría entenderse el edificio, su escala, y su sistema constructivo, sin las distintas capas constructivas superpuestas, desde las intervenciones primitivas hasta las contemporáneas.

Porque hubo que pensar, a través de todo el siglo XX, con arrojo, ilusión, técnica y convencimiento, en el aspecto general final que debía tomar el edificio, pues una vez acabada su recomposición, con la intervención de tantos equipos de profesionales distintos, resultaba de vital importancia, que este definiese lo mejor posible lo que fue una de las potenciales fachadas originales romanas, sin dejar de lado el rigor científico con el que debía de llevarse a cabo, tan de-



Figura 12
Fotografía de un día cualquiera de vida del teatro, alto tránsito de turistas, y abarrotado de niños (López Romero, 2017)



Figura 13
Fotografía del frente escénico del teatro Romano de Mérida (López Romero, 2017)

licada operación.

Notas

He de mostrar un profundo agradecimiento al Consorcio de la Ciudad Monumental de Mérida, en especial al departamento de conservación, pues sin ellos, no habría sido posible la redacción de este artículo.

1. Los datos sobre las restauraciones ejecutadas por Menéndez-Pidal se han tomado tanto de los proyectos, informes y planos depositados en el Archivo General del IPCE, como del texto, del mismo autor, *Algunas notas sobre la restauración y atención prestadas a los monumentos emeritenses,* 1976.
2. N.B. El término reconstrucción no aparece en el texto de Menéndez-Pidal que prefiere usar remontaje, en un intento de evitar el primero, cuya connotación sin duda le debía parecer inapropiada por su asimilación a rehacer, en un contexto de rechazo a la restauración en estilo de Le-Duc y al falso histórico.

Lista de Referencias

Aguilar, J. 1995. *Teatro Romano. Proyecto de intervención en el escenario de Mérida.* Consejería de Cultura de la Junta de Extremadura. Inédito.

Aguilar, J. 1996. *Memoria. Trabajos de conservación y restauración. Escenario del Teatro Romano de Mérida.* Consejería de Cultura de la Junta de Extremadura. Inédito.

Barroso, Y. y F. Morgado. 1998. *Desde las siete sillas... La recuperación del Teatro Romano de Mérida.* Mérida: Consorcio de la Ciudad Monumental, Histórico-Artística y Arqueológica de Mérida.

Durán, R. 1990. Sobre el opus quadratum del teatro romano de Mérida y las grapas de sujeción. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología, Universidad Autónoma de Madrid,* 17: 91–120.

Fusco, A. e I. Mañas. 2006. *Mármoles de Lusitania. Catálogo de la exposición.* Mérida: Museo Nacional de Arte Romano-Caja San Fernando.

Gómez, M. 1994. Reconstrucción de la escena del teatro romano de Mérida. La intervención de Antonio Gómez Millón. *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica (EGA),* 2: 129– 135.

Mañas, I. 2012. Marmora de las canteras de Estremoz, Alconera y Sintra: su uso y difusión. En *El marmor en Hispania: explotación, uso y difusión en época romana.* Editado por Virginia García-Entero. Madrid: UNED.

Mateos, P. 2001. Augusta Emérita. La investigación arqueológica en una dudad de época romana. *AEspAN0,* 74: 183–208.

Pizzo, A. 2007. El aprovisionamiento de los materiales constructivos en la arquitectura de Augusta Emérita. Las canteras de granito. En *Los procesos constructivos en el mundo romano*, 571–588.

Pizzo, A. 2010. Las técnicas constructivas de la arquitectura pública de Augusta Emérita. Anejos de Archivo Español de Arqueología, 56, Mérida.

La isla de Santa Clara y los primeros faros de la República del Ecuador

Fabián Santiago López Ulloa
Ana Angélica López Ulloa

Hace 176 años, en 1841, con una ceremonia digna de la inauguración de un edificio de importancia, se puso en marcha el primer faro de la República del Ecuador, en lo más alto de la pequeña isla de Santa Clara,[1] en el golfo de Guayaquil (figura 1), una ceremonia que marcaba el inicio de lo que a continuación sería el primer plan de faros del Ecuador, teniendo por protagonista a una sencilla torre de madera con un faro importado de Estados Unidos.

La historia de los faros en el mundo es larga y fructífera, con grandes ejemplos arquitectónicos, no obstante, en la república del Ecuador, la construcción de faros fue modesta y no llegó a alcanzar la monumentalidad de otros lugares. Esta realidad se refleja en los documentos marítimos y navales de Ecuador, pero sin dejar de ser una valiosa información sobre la historia de su construcción, de los modernos equipos que tuvieron desde un principio, y de los profesionales extranjeros que participaron en su construcción y montaje.[2]

Las condiciones constructivas de los primeros faros realizados en madera, marcaron su condición poco perenne, debido a las duras condiciones climáticas, a los sismos, al escaso mantenimiento, e incluso a las disputas de guardafaros, torreros, escasez de presupuesto para su mantenimiento y el consecuente abandono.[3]

Nos aventuramos a conjeturar como respuesta a la escasa edificación de grandes estructuras de faros, una segunda importancia naviera del puerto de Guayaquil, respecto a países de la región que se llevaban la hegemonía en asuntos marítimos, en donde además por ser sitios estratégicos, en algunos casos se llegaron a construir grandes fortalezas con torres defensivas, debido a la injerencia de corsarios y piratas, como en el mar Caribe, en donde por ejemplo en el castillo del Morro de la Habana se adaptó una de sus torres para servir de faro, erigiéndose después una nueva (McQuade 1885, 366), o por el contrario, aprovechando la estratégica posición de algún edificio, como en el caso de la iglesia de San José de Campeche, México, en la cual se instaló un faro en una de sus torres en 1864 (Sainz de Baranda 2010, 105).

Con la entrada de la modernidad, los faros de las costas ecuatorianas cayeron significativamente en cuanto a las técnicas tradicionales que se venían empleando para su edificación, reemplazándose por el uso de estructuras metálicas y de hormigón armado. Prácticamente ninguna de las primeras estructuras nos ha llegado, salvándose en pocos casos únicamente las lámparas o también llamadas linternas, que han terminado siendo objetos de exhibición, como la lámpara del segundo faro de la isla de Santa Clara, reinstalada sobre un simbólico pedestal erigido en 1993 en la ciudad de Salinas (figura 2 Izq.), o las que se encuentran en el Museo Naval Contemporáneo de Guayaquil[4] (figura 2 Dcha.)

Los Faros en Ecuador

Los antecedentes coloniales, dan cuenta de la dificultad que tuvieron los navegantes en contar con un sis-



Figura 1
Isla de Santa Clara en el golfo de Guayaquil, Ecuador



Figura 2
(Izq.) Lámpara reinstalada del segundo faro de la isla de Santa Clara (Salinas Yacht Club 2017)

tema de faros para entrar al puerto de Guayaquil, el principal puerto ecuatoriano, situación que en la época republicana se intentaría solucionar a partir de 1834 con el apoyo decidido del visionario presidente Vicente Rocafuerte, hasta la instalación definitiva del primer faro, cuando él mismo se desempeñaba como gobernador de la provincia del Guayas. Muchos de los documentos que cuentan la historia de los faros en Ecuador, dispersos en archivos y bibliotecas del país, han sido recopilados por el historiador Eduardo Estrada, en el período 1841–1941 a partir de la instalación del primer faro en la isla de Santa Clara (figura 3), constituyéndose en uno de los trabajos más completos sobre el tema.

Estrada incluye una investigación sobre los antecedentes de los faros en general, la situación de las guías de navegantes en Ecuador antes de la República, los faros en servicio, y quizás uno de los más interesantes temas, la descripción del primer sistema de faros de la República del Ecuador. También presenta la recreación gráfica exterior de los primeros faros de estructura de madera. Por otro lado el autor Luis Pacheco (Pacheco 2017), publica varios documentos relacionados, por lo que en la presente comunicación es inevitable referirse a estos autores para tratar sobre el tema, que tiene mucho de resumen, adicionando un análisis comparativo respecto a otros faros, sus materiales, su técnica constructiva, resuelta por un maestro mayor de carpintería de ribera, y una recreación de propia autoría, de lo que pudo ser el interior de una de las estructuras.

El primer faro de Ecuador

El primer faro de Ecuador se inauguró el 25 de noviembre de 1841 en la isla de Santa Clara, también llamada del Amortajado o del Muerto (figura 4), constando de una sencilla torre de estructura de madera sobre la cual se encontraba un cuarto metálico que albergaba la lámpara,[5] realizada a la usanza de los modelos imperantes en la época, y que debido a condiciones logísticas, se tuvo que ejecutar sobre tierras continentales por el maestro mayor de carpinteros de ribera don Juan María Martínez y Coello,[6] una estructura desarmable que luego se asentaría sobre una cimentación de piedra.

Las partes de la torre fueron trasladadas sobre una balsa, remolcadas por el vapor Guayas y su armado duró tan solo tres días, según se deduce de un informe citado por Estrada, que en su parte más relevante dice:

> El 19 del presente embarcamos en una balsa el edificio del Faro, así como el armarín de fierro correspondiente á la linterna, etc. Dicha balsa fue conducida á remolque por el vapor Guayas hasta la isla del Amortajado, á la cual llegamos el domingo (día 21) por la noche; y no fue sino con mucha dificultad, que conseguimos desembarcar, al anochecer del lunes, á causa de las grandes marejadas que encontramos… El jueves, por la mañana, volvimos a la isla del Amortajado; y, á las cinco de la tarde después de hallarse el edificio perfectamente en pié, tuvimos el honor de beber á salud de S. E. y á la prosperidad de la República del Ecuador, desplegando al mismo tiempo, desde lo alto del Faro, el pabellón de la Repúbli-

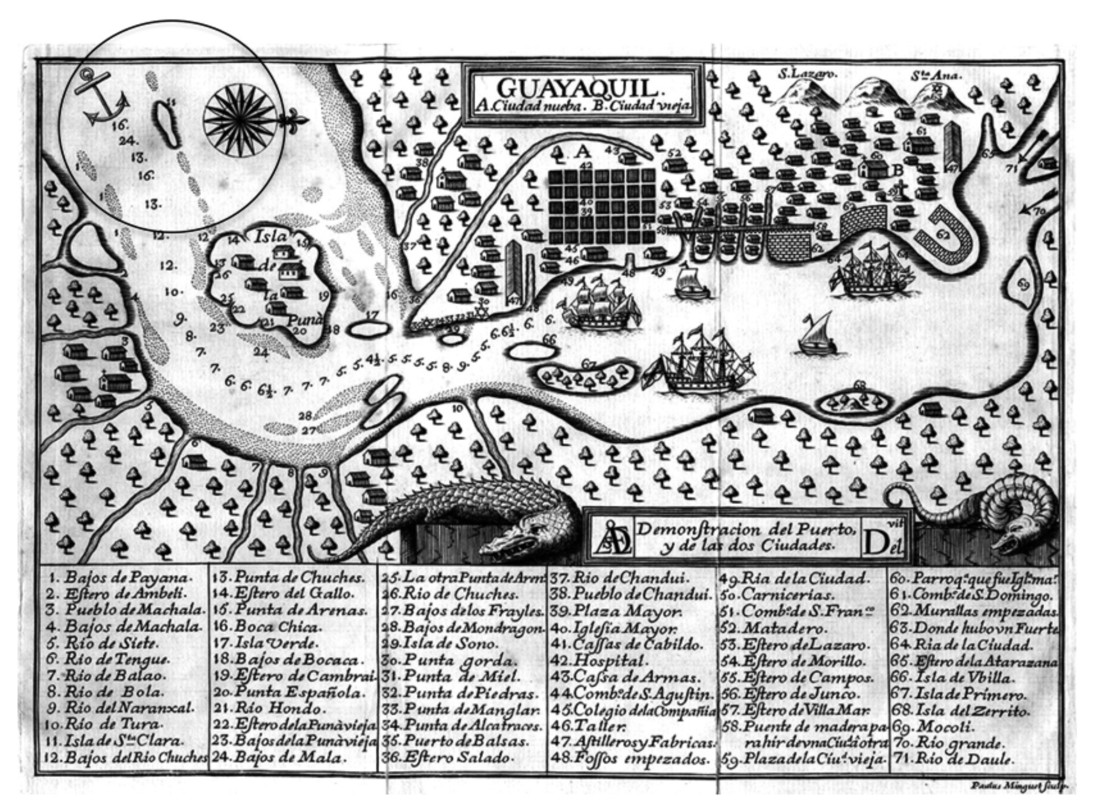


Figura 4
Isla de Santa Clara en el golfo de Guayaquil (Ecuador Turístico 2017)

ca, el cual fue al punto saludado por los cañones de la goleta Diligencia (Estrada 2002, 61)

La difícil topografía del lugar obligó a grandes esfuerzos para poder llevar las partes de la estructura hasta lo más alto de la isla, a 256 pies (78 metros) sobre el nivel del mar,[7] «todos nuestros esfuerzos han sido dirigidos a la erección del Faro, cuya conducción a lo alto de la roca fue una obra muy penosa»:

> El edificio del faro se levantó en la parte de la isla que comprende, por decirlo así, al pecho del Amortajado, e irradiaba una luz fija, á unos 200 pies de elevación sobre el nivel del mar, visible de todos lados, excepción hecha desde el Norte un medio cuarto al Oeste hasta el Norte un cuarto al Este (Estrada 2002, 63).

Es importante señalar que el capitán inglés George Peacock se encargó de la supervisión, mientras que el francés Diego Girdon, ex comandante de una de las compañías de bomberos de Guayaquil, se encargó de la instalación de la lámpara. No obstante, de lo que se desprende del informe de Girdon al gobernador Vicente Rocafuerte, no se terminó del todo la construcción a la fecha de la inauguración, ya que faltaron algunas tablas para la cubierta y se acondicionó provisionalmente unas tablas de caña (Estrada 2002, 58). No se cita otro documento que refiera a la terminación de la obra conforme a la recreación que ofrece Estrada, pero suponemos que así debió ser como finalmente lució la cubierta del faro.

Teniendo en consideración la fecha de inauguración, fue un acontecimiento digno de resaltar, si se toma en cuenta la fecha en que otros faros de la región entraron en funcionamiento (Ortiz 2013).

La reconstrucción gráfica del faro que presenta Estrada (figura 5 izq.), da fe de un diseño que se puede

asociar con otros similares, como por ejemplo el de Brant Point en Estados Unidos (figura 5 dcha.), no obstante cabe señalar que la forma y las partes que tenían estas estructuras respondían a un esquema básico, y en el caso del de Santa Clara se ajusta casi a detalle a la descripción que por ejemplo señala Pedro Saínz de Baranda:

> Las estructuras son cilíndricas en su interior, y circulares, cuadradas u octogonales externamente. Siempre terminan en una plataforma con barandilla; sobre ella, un cilindro sostiene la cúpula o linterna que aloja el aparato óptico. Por dentro, y debajo de la linterna, se encuentra la cámara de servicio. Desde esta habitación a la linterna se asciende por medio de una estrecha escalerilla (Saínz de Baranda 2010).

Mientras que en lo que tiene que ver con los modelos de faros del siglo XIX, encontramos ésta descripción que también nos evoca la sencilla estructura del faro de Santa Clara:

> Los faros erigidos en el XIX tenían características comunes en cuanto a tipología y estilo. La tipología de edificio y torre era uniforme, y se repetía con ligeras variantes. Concebidos sin grandes ambiciones estilísticas, se prefirió la organización de las formas en función de usos prácticos y unos esquemas decorativos sencillos a base de cornisas, balcones o adornos de sillería en esquinas, jambas y dinteles (Ministerio de Fomento 2003, 72).



Figura 5
(Izq.) Recreación del primer faro de Santa Clara (Estrada 2002, 83), (Dcha.) Faro de Brant Point, U.S.A. (Pinterest 2017)

Estrada también recrea los posibles planos de planta y alzado, con una altura total de la torre incluido el camarín o cuarto de lámpara y su remate, de 10 metros de altura, y un diámetro de 5 metros en su base, aunque no se cita ningún documento que señale éstas dimensiones, salvo una escasa descripción de 1872 (Estrada 2002, 99).

La torre del primer faro de Ecuador permaneció en pie hasta 1890, cuando fue demolido por la amenaza de desplome sobre la nueva torre erigida a poca distancia, pero su lámpara estuvo activa hasta 1872, cuando fue trasladada a otra torre, en la ribera continental de Punta Mandinga (Estrada 2002, 123):

> El Maestro Mayor de carpinteros de ribera, don Juan María Martínez y Coello realizó un trabajo digno de los maestros de nuestro legendario astillero. La torre por él construida duró, abandonada y sin mayor cuidado ni atención, hasta el año 1890, casi cincuenta años. Cuando se cambió el faro en 1872, las razones por las que no se pudo utilizar la antigua torre fueron dos: La primordial y técnica fue que era muy pequeña para las necesidades de la nueva linterna, y la secundaria y práctica fue que cuatro de los ocho pilares estaban podridos en la parte que tocaban el piso (Estrada 2002, 69).

El primer sistema organizado de faros de la República

La Convención Nacional del 28 de agosto de 1869, primero desconoció la existencia del primer faro instalado en 1841, y una vez reconocido, lo dio oficialmente como inútil, planteando la necesidad de establecer uno nuevo, junto a otros en las islas y riberas del golfo de Guayaquil y en el resto de los puertos más importantes, constituyéndose así en el primer sistema organizado de faros de la República, bajo el mando del presidente Gabriel García Moreno (Estrada 2002, 88).

> En 1870, el gobierno del Ecuador encargó a la firma Barbier & Fenestre de París, Francia, a través del Cónsul General del Ecuador en París, Sr. Beltran Fourquet, la fabricación de dos faros, dos luces de puerto y cuatro boyas con campana, los que serían instalados en Santa Clara y Punta Arenas los primeros, Manta y Esmeraldas las segundas, y en los Bajos de Mala las últimas. Sin embargo, por motivo de la Guerra Franco-Prusiana, la entrega no se realizó sino hasta fines de 1871 (Estrada 2002, 89).

Debido a las similitudes de construcción del segundo faro de Santa Clara con el primero, rescatamos la cita descriptiva que da Estrada, complementando así las nociones constructivas de las primeras torres de los faros ecuatorianos:

> Su forma es una pirámide truncada de ocho faces, de 2 metros 70 centímetros en su base, y de 2 metros 20 centímetros en su parte superior; tiene 6 metros 85 centímetros de altura, sobre 8 metros 50 de base, y su parte superior lleva 6 metros 10 cent. Se ha nivelado el terreno en su radio de 6 metros. La primera capa es de guano, otra de arena, una de piedras prietas de mucha resistencia y por fin piedras grandes sobre las cuales se han levantado los cuatro calces haciendo el alma de la torre; lleva cada uno sus respectivos empalmes, por consiguiente es de fuerte resistencia, el todo está pintado de dos manos de alquitrán, y llevan dos metros de profundidad. Ocho puntales se han elevado en los ángulos del octógono, haciendo el contorno del edificio, y se consolidan con los cuatro calces por tirantes y pernos. A la altura de 2 metros 75 centímetros se encuentra el primer piso, el segundo lleva 2 metros 85 centímetros de alto, concluye la torre haciendo su plataforma la base para armar la linterna y el aparato así como para afirmar la barandilla de fierro. Cada piso lleva su escalera respectiva. Una puerta de dos hojas hace la entrada de la torre; una serie de óvalos con sus cristales respectivos permiten entrar suficiente luz. Sirve este piso de almacén de efectos de reserva y enseres del aparato, así como de alojamiento para un torrero. El segundo piso lleva tres ventanas, sirve de cuarto de depósito y de alojamiento para dos torreros. En la parte que más convenía se ha perforado el piso para el paso del peso motor de la máquina de rotación. La torre es pintada de blanco por fuera y las ventanas de verde (Estrada 2002, 127).

La torre era sólida y fuerte en su estructura, con una altura total de 9,75 metros y habría necesitado 1600 pies de tablas de una pulgada de grueso para su revestimiento, 100 pies de tablas de una y media pulgada para el piso, y 20 cristales con ocho planchas de hierro de 3,16 pulgadas por 6 pies de altura y 3 de ancho, para el torreón de la lámpara.[8]

En cuanto a su ejecución se repiten las condiciones del armado de la primera torre en tierras continentales y su posterior transporte desarmado, junto a otras torres para dar cumplimiento a las disposiciones de la Convención Nacional, fomentando así una economía de medios:

> US. tendrá á bien reconocer que si las torres se fabrican en la ciudad, será una economía muy importante, porque calculo que se necesitarán diez hombres, entre carpintero y peones. Desde luego, será preciso hacer construir casas provisionales y contiguas sobre tres lugares. Con mi opinión evito todos estos gastos. Una vez concluidas las torres se desarmarán y se conducirá cada una á la positiva que el Supremo Gobierno ordene, lo que se hará con mucha facilidad y con economía Sensible (Estrada 2002, 95).

En lo que se refiere al diseño, tuvo una similitud con la primera torre, que según el dibujo publicado por el Diario de Avisos de Guayaquil (Diario de Avisos, 1894) también citado y comentado por Estrada (Estrada 2002, 133), presenta además un tímpano en el dintel de la entrada, que queremos pensar, puede haberse tratado del remate de la cubierta a dos aguas que normalmente protegía el cuarto o porción sobresaliente que se instalaba a la entrada de éste tipo de torres (figura 6). La construcción estuvo a cargo del maestro carpintero José Félix Sánchez (Estrada 2002, 322), bajo la dirección del ingeniero y mecánico francés Ferdinand Dioudonnat,[9] quien al parecer la diseñó (Estrada 2002, 95).



Figura 6
Segundo faro de la isla de Santa Clara (Estrada 2002, 133)

Para complementar la descripción constructiva de la torre, presentamos una recreación de lo que pudo ser la estructura interior con una sección transversal (figura 7), basados no solo en la citada descripción, sino también en las similitudes de otras torres coetáneas de madera, valiéndonos también de la foto de sus ruinas hacia 1970 publicada por Estrada y la comparación con la ilustración que dice ser del segundo faro de Santa Clara, ya que nos esclarece: «La descripción de los componentes es muy interesante e ilustrativa, y fue básica para identificar la foto de este Faro de Santa Clara, que por muchos años se había identificado erróneamente como del Faro de Santa Elena» (Estrada 2002, 133). Y efectivamente es así, con ese nombre de Santa Elena, como está identificado en la ilustración del Diario de Avisos (Diario de Avisos 1894, 56).

El segundo faro de Santa Clara comenzó a funcionar en 1872, el ingeniero Dioudonnat cumplió su trabajo a satisfacción, por lo que se le extendió forzosamente el contrato por 10 años, y con ello se aseguró que el sistema de faros de Ecuador tuviera continuidad, con lo que se consiguió además que dicho profesional capacitara a todos quienes trabajaban para este sistema (Estrada 2002, 125), aunque no llegó a concretarse hasta el final tras el fatal desenlace de su suicidio en octubre de 1874 (Estrada 2002, 189). A diferencia del primer faro, éste no tuvo una ceremonia de inauguración (Estrada 2002, 114).

Si bien ninguno de los dos primeros faros de Santa Clara han llegado hasta nuestros días, una sencilla torre de hormigón con el actual faro rodeado de aves marinas (figura 8), y apenas el resto de un pilar que podría ser del faro de 1872, nos evoca nostálgicamente el recuerdo de lo que fueron las primeras estructuras de madera de los faros ecuatorianos, su historia, sus constructores y su testimonio de una manera de construir estas guías del mar.

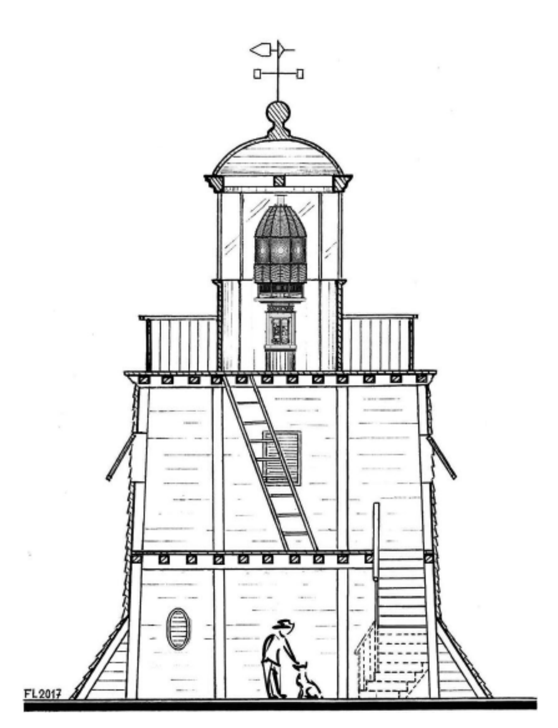


Figura 7
Recreación en sección transversal, del segundo faro de la isla de Santa Clara (dibujo de los autores 2017)



Figura 8
Actual faro de la isla de Santa Clara (Calvo 2017)

Conclusiones

En la República del Ecuador, a pesar de no contar con grandes estructuras históricas de faros, la documentación relacionada con los primeros y sencillos faros construidos en madera, dan fe también de un hacer constructivo y de una tradición que engloba un sinnúmero de acciones relacionadas con la actividad marítima, que no dejan de ser importantes. El uso de los materiales, su transporte, su origen, los ingenieros y constructores, y el propio diseño de estos edificios en estrecha relación con los equipos de iluminación que allí se instalaban, nos han abierto un conocimiento poco difundido, pero muy interesante, que se suma como tantos otros tipos de edificios, al conocimiento de la historia de la construcción.

Notas

1. «La Isla Santa Clara es una isla pequeña ubicada en el Golfo de Guayaquil, Ecuador; conforma un complejo sistema transicional marino costero situado en un área de convergencia de corrientes marinas y masas de agua dulce del Golfo de Guayaquil» (Ministerio del Ambiente 2017). «Es el principal refugio para la anidación de aves de la Costa ecuatoriana. Piqueros, fragatas, pelícanos... vuelan por las inmediaciones de la isla Santa Clara o también conocida como El Muerto» (El Comercio 2017). Su situación geográfica es: Latitud 3° 10´35" S. y Longitud 80° 25´26" O. del meridiano de Greenwich (Pacheco 2017).
2. Véase en el libro de Eduardo Estrada (Estrada 2002), la relación de los técnicos e ingenieros que trabajaron en la instalación de los primeros faros de Ecuador, entre los que destacan Diego Girdon en el primer faro de la isla de Santa Clara, y para el segundo faro en la misma isla, el ingeniero francés Ferdinand Dioudonnat, además del sinnúmero de funcionarios y personas que de una u otra manera tuvieron protagonismo en estas tareas.
3. En cuanto al mantenimiento y jurisdicción de los faros ecuatorianos, el contralmirante Carlos Monteverde describe su historia, poniendo de manifiesto el importante papel que ha venido cumpliendo la Armada Nacional del Ecuador en esta tarea (Monteverde 2002).
4. «El Museo Naval Contemporáneo nos presenta un relato del desarrollo y crecimiento de la Armada del Ecuador después del Combate Naval de Jambelí (1941) hasta nuestros días. El museo nos incorpora a la cultura histórica y cívica una amena recopilación de elementos, instrumentos, fotografías y documentos que hablan del aporte y contribución de la Armada en el desarrollo del país» (Museos de la Defensa 2017).
5. «Los reportes indican que el faro fue adquirido en Baltimore, EE. UU. y lo más probable es que haya sido del Sistema Lewis, fabricado en Boston, Massachusetts, que era el de uso en los EE. UU. en esa época. La luminaria contaba con 16 lámparas con reflectores y estaba instalada en un cuarto metálico sobre una torre de madera» (Estrada 2002, 58).
6. «el entendido maestro mayor de carpinteros de ribera don Juan María Martínez y Coello…fue el constructor de la torre, y algunas personas más» (Estrada 2002, 64)
7. Esta altitud, figura en el Registro Oficial No. 224 del 14 de Junio de 1902, reproducido por Luis Pacheco (Pacheco 2017), y no los 200 pies (61 metros) que cita Estrada. Damos por válida la primera, al tratarse de un informe oficial.
8. Estas cantidades se desprenden de un informe para su reparación publicado en el Registro Oficial No. 224 del 14 de Junio de 1902, reproducido por Luis Pacheco (Pacheco 2017).
9. «los directores de Barbier & Fenestre habían sugerido la conveniencia de que sea una persona debidamente capacitada quien instalara los delicados equipos…Así, el 19 de noviembre de 1871, se firmó un contrato con el Ing. Ferdinand Dioudonnat, mecánico de faros» (Estrada 2002, 90).

Lista de referencias

Calvo, Kike. 2017. «Frigates, blue-footed boobies and pelicans in Isla Santa Clara Wildlife Refuge». En web gettyimages, [acceso 2017], disponible en http://www.gettyimages.co.uk/detail/photo/frigates-blue-footed-boobies-and-pelicans-in-isla-royalty-free-image/697581977

Diario de Avisos. 1894. *El Ecuador en Chicago*, New York: A. E. Chasmar y Cia.

Ecuador Turístico. 2017. «Isla de Santa Clara, en web Ecuador Turístico», [acceso 2017], disponible en http://www.ecuador-turistico.com/2013/06/turismo-en-ecuador-isla-santa-clara.html

El Comercio. 2017. «Isla Santa Clara, un paraíso natural para las aves». En web El Comercio.com, [acceso 2107], disponible en http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/planeta/25—mayo/isla-santa-clara-natural-aves-ambiente

Estrada Guzmán, Eduardo. 2002. *Los Faros de la República del Ecuador 1841–1941*, Guayaquil: INHIMA.

McQuade, James. 1885. *The Cruise of the Montauk to Bermuda, the West Indies and Florida*, New York: Thomas R. Knox & Co.

Ministerio del Ambiente. 2017. «Santa Clara, en web del Ministerio del Ambiente del Ecuador», [acceso 2017], disponible en http://suia.ambiente.gob.ec/web/humedales/santa-clara

Ministerio de Fomento. 2003. *Guía histórica de puertos y faros. Revista del Ministerio de Fomento*, Madrid: Ministerio de Fomento.

Monteverde, Carlos. 2002. «Prólogo». En Eduardo Estrada, *Los Faros de la República del Ecuador 1841–1941*, Guayaquil: INHIMA.

Museos de la Defensa. 2017. «Museo Naval, en web Museos de la Defensa» [acceso 2017], disponible en http://www.museosdefensa.gob.ec/index.php/mar/museo-naval

Ortiz Sotelo, Jorge y José Balta Varillas. 2013. *Faros de la costa peruana: (historia ilustrada)*, Lima: Securitas.

Pacheco, Luis. 2017. «Sobre faros y boyas del Ecuador», en web Scribd, [acceso 2017], disponible en https://es.scribd.com/document/188050894/Faros-Boyas-y-Fanales-Del-Ecuador

Pinterest. 2017. «Faro de Brant Point», en web Pinterest, [acceso 2017], disponible en https://www.pinterest.com.mx/pin/491877590542720370/

Sainz de Baranda, Pedro. 2010. *Los faros de Campeche: guías de luz*. México: Editorial Miguel Ángel Porrúa.

Salinas Yacht Club. 2017. «Antiguo faro de la isla de Santa Clara», en web del Salinas Yacht Club, [acceso 2017], disponible en http://www.salinasyachtclub.com/web/index.php/syc/historia/historia-del-faro

W. Commons. 2017. «Plano de Guayaquil en 1741 grabado por Paulus Minguet», en web Wikimedia Commons [acceso 2017], disponible en https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plano_de_Guayaquil_en_1741,_grabado_por_Paulus_Minguet_-_AHG.jpg

Residencia señorial bajomedieval

Daniel Luengas-Carreño

Oiartzun destacó en la Baja Edad Media por su importante industria del hierro, gracias en gran parte al Fuero de las Ferrerías concedido por Alfonso XI en 1328, que proporcionó a los ferrones de Oiartzun e Irún un ordenamiento jurídico propio (Ayerbe et al. 2012). Esta industria fue la fuente de ingresos principal de muchas familias, con la que se enriquecieron y se convirtieron en la clase dominante de la comarca. Esto explica el número elevado de Residencias Señoriales Bajomedievales existentes en el municipio, 32 en total. La Casa-palacio de Fagoagoa (figura 1) está ubicada en el barrio de Ergoien, al sureste de la localidad. El edificio se emplaza en la ladera de un pequeño monte, desde donde se domina todo el valle.

La construcción se compone de un único volumen, con una planta de 13.80 × 14.53 m y una altura de 7.91 m. La fachada principal está realizada en sillería caliza, mientras que el resto de muros son de mampostería caliza, con sillares en esquinas y vanos. También está construida mediante sillares la parte de la izquierda de la fachada Norte, donde enlaza con la fachada principal, detalle que no presenta la fachada Sur en el mismo punto. El grosor de estos muros tanto en la planta baja como en la primera es de 1.10 m, mientras que en el bajocubierta existe un retranqueo interior que reduce ligeramente el espesor (0.98 m).

Entre los vanos destacan los dos accesos de la fachada principal. El de la planta baja es de mayor tamaño (1.64 × 2.97 m), ejecutado mediante un arco ojival de once dovelas. La puerta superior (0.99 × 2.21 m) es un arco ojival de siete dovelas apreciablemente transformado, ya que fue agrandado por su parte inferior. En la fachada trasera destacan dos ventanas conopiales, de diferente factura, que también han sufrido profundas alteraciones en su parte inferior. Además, hay que mencionar la cantidad de posibles vanos defensivos hallados en el edificio, que cuenta con un total de ocho troneras y tres saeteras, una de ellas abierta en la planta noble del edificio.

En el momento de la realización de este estudio el edificio estaba siendo sometido a una profunda reforma, realizándose un vaciado de su interior y demoliéndose varios volúmenes anexos al edificio. Desafortunadamente, entre los escombros correspondientes a dichos añadidos se encontraron sillares de factura bajomedieval, similares a los de la Casa-palacio. Por suerte, antes de dicho derribo, los arquitectos Arkaitz Lasa e Ibon Tellería (LA+TJ arkitektok), en colaboración con la arquitecta Nerea González, realizaron un exhaustivo levantamiento planimétrico del inmueble, que ha sido fundamental para este estudio (figura 2).

Análisis histórico-documental

El edificio original fue construido por los Fagoaga, una familia que se enriqueció durante el siglo XV gracias a la producción de hierro. A pesar de que los Fagoaga no participaron activamente en la Guerra de Bandos, sí que ejercieron un poder bastante considerable sobre los habitantes de Oiartzun desde mediados



Figura 1
Fachada principal antes de la reforma actual. Diputación Foral Gipuzkoa

del siglo XV, junto con otras familias ferronas. En este sentido, el cabeza de familia, Juan de Fagoaga, aparece como procurador de la tierra de Oyarzun en 1470 (Crespo et al. 1991). Este dominio sobre el lugar se mantuvo durante finales del siglo XV y principios del XVI, cuando los ferrones liderados por Juan de Fagoaga y Domingo de Sarasti[1] se apropiaron incluso de una gran parte de los seles del concejo, con la intención de utilizar la madera en sus ferrerías[2].

La primera mención de la Casa-palacio de Fagoaga data de 1499, cuando el concejo de Oiartzun decide elaborar un padrón valorativo de las casas, tierras y vecinos del dicho valle (Irijoa y Lema 2011). El documento recoge todos los edificios y terrenos pertenecientes al solar, propiedad por aquel entonces de Juan de Fagoaga. Cabe destacar que en el inventario de bienes aparece en primer lugar, de forma separada, la «casa de Fagoaga con la casa de lagares e costanera». Es decir, según este documento, el edificio contaba ya por aquel entonces con una construcción adosada a un costado, destinada a la producción de sidra. Además de la casa principal, también vienen recogidas otra serie de posesiones como manzanales, arboledas, castañales, el molino y la ferrería, la fuente de ingresos principal de la familia. Todo el conjunto fue valorado por el concejo en más de 25 millares, una cantidad muy superior al del resto de solares de Oiartzun, que rondaba el millar.

Después de la muerte de Juan de Fagoaga a principios del siglo XVI, el edificio pasó a manos de su hijo Juan[3], que murió sin descendencia legal directa. El edificio fue heredado entonces por su hijo bastardo, Martin de Fagoaga, personaje que también intentó ejercer su poder sobre la comarca y el resto de ferrones. Sus andanzas le llevaron incluso a hipotecar

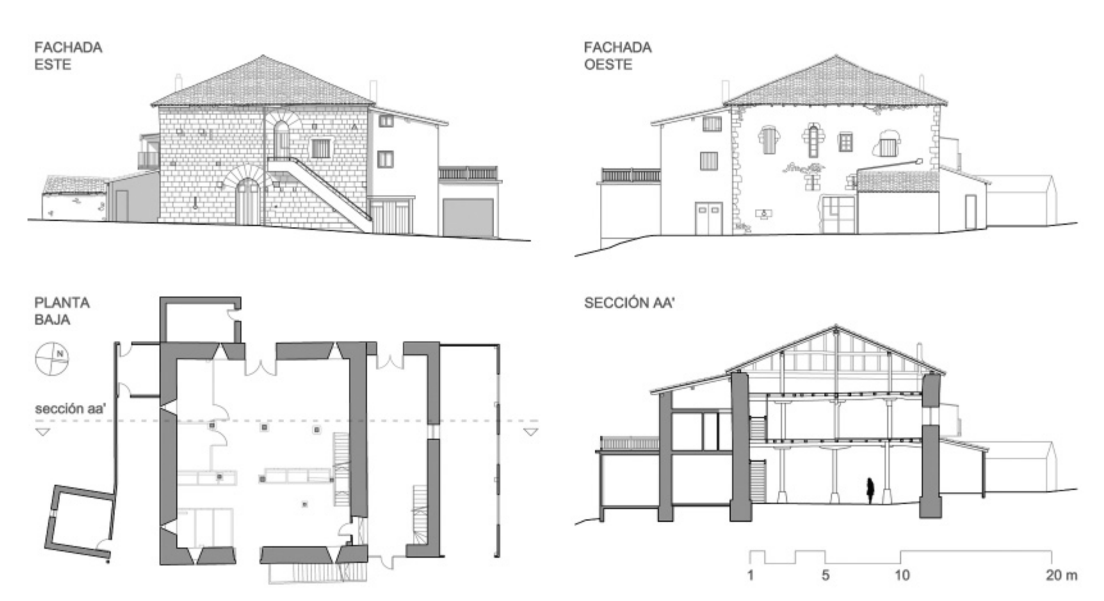


Figura 2
Fagoaga antes de la reforma actual. Levantamiento realizado por LA+TJ arkitektok.

«la cassa de fagoaga y demas sus pertenencias que poseian en Oyarzun»[4]. Es por esto que en 1565 se realizó un memorial de bienes de la «casa y torre de fagoaga», donde destaca otra vez la mención de un edificio anexo al cuerpo principal[5]. Además, aparte de los bienes inmuebles pertenecientes al solar, también se recoge el «ganado bacuno, ovejuno, cabruno y otro qual quiere genero de ganado de la dicha casa y solar de fagoaga», animales que seguramente eran guardados en la planta baja.

A Martín le sucedió en el mayorazgo Juan Pérez[6], su hijo, que al parecer murió sin descendencia. Después de varios pleitos, la Casa-palacio y sus pertenencias recayeron a mediados del siglo XVII en Ángela de Olaiz y Fagoaga. Este hecho marcó un antes y después en la historia del edificio. A partir de este momento los poseedores del mayorazgo no volvieron a residir nunca más en la Casa-palacio, que fue arrendada junto con el resto de pertenencias del solar[7], comenzando así el declive del conjunto. No obstante, el edificio siguió teniendo importancia para algunos descendientes del apellido. En este sentido, la construcción aparece mencionada en numerosos expedientes de hidalguía de los siglos XVIII y XIX. Precisamente en uno de estos informes, en la prueba de hidalguía de Anacleto Fagoaga de 1821, varios informantes realizan una descripción de la casa principal, donde se describen algunos de sus espacios interiores:

> Se halla situada en una pequeña altura, rodeada toda ella con sus viseras o troneras. Las puertas principales para llegar a las cuales, es preciso subir por una escalera de piedra bastante pendiente, se hallan forradas con sus chapas y clavos de fierro, y habiendome introducido con los dichos acompañados en un cuarto o salon, he visto que en su pared testera o principal, la cual indica que antiguamente hubo su capilla, u oratorio, por que lo visten en ellas varias molduras de yeso, se halla un escudo de armas en una tabla cuadrada que parecia ser muy antiguo.[8]

Desgraciadamente, la construcción sufrió un importante incendio en 1824, que destruyó prácticamente todo su interior, perdiéndose todo vestigio del salón y oratorio mencionados. Es por esto que el edificio tuvo que ser «reedificado» un año después por José María de Orbe, Marqués de Valde-Espina, poseedor por aquel entonces de mayorazgo de Fagoaga. Afortunadamente, se han podido conseguir los documentos relativos a las cuentas de dicha intervención[9], gracias en gran parte a la ayuda de Borja Aguinagalde, director del Archivo Histórico de Euskadi. De acuerdo a estos documentos, los trabajos de «reedificación» fueron ejecutados por el propio arrendatario del lugar, Ignacio Antonio de Michelena, persona sin ninguna cualificación técnica. Para los elementos de segundo orden, como los «cabrios, goyaras[10], postes menores, zapatas y solivos», Michelena recurrió a los «arboles jovenes» del solar, que fueron derribados «en el menguante de la luna». Para los elementos de primer orden, llamados «madera gruesa» en el texto, se tuvo que recurrir en cambio a madera traída de fuera de la finca, que tuvo que ser abonada de forma separada[11]. En total, en la obra de la casa principal se utilizaron 2104 codos de madera nueva y «19 de madera usada del edificio viejo», por lo que se puede determinar que apenas se reutilizaron elementos antiguos en la reforma.

Además, durante dicha intervención de 1825 se intentó hacer el bajocubierta más habitable, para lo que hubo que reducir la altura de los pisos inferiores. Es por esto que se modificaron la mayoría de puertas y ventanas del primer piso, agrandándolos hacia abajo[12]. Otra de las labores llevadas a cabo durante la obra fue la reparación de la escalera principal, donde se utilizaron 19 estados de mampostería; la realización de una nueva chimenea, con campana y cañón; el revoque de la «sala principal» y el revoque zarpeado de las cuatro fachadas.

En cuanto a la construcción anexa existente, que como se ha visto se menciona desde 1499, todo indica que sufrió muchos menos daños durante el incendio, ya que en las obras solo se utilizaron 246 codos de «madera vieja o usada», frente a los 284 codos de madera nueva que se colocó. De los trabajos realizados en dicha construcción destacan el desmontaje y montaje del tejado, la realización de una chimenea idéntica a la del cuerpo principal y la colocación de «20 estados de pared de mampostería»[13]. El hecho de que el encargado de la obra fuese el propio inquilino, supuso que muchas de las soluciones estructurales adoptadas no fueran del todo las más acertadas. Es por esto que, una vez terminada la obra, el perito Juan Bautista de Huici tuvo que colocar «dos vigas y quatro jabalcones para sostener y fortificar la gravedad de los tejados, los quales sin ellos estaban sin solidez suficiente». No hay mucha información sobre el edificio de las siguientes décadas, salvo los sucesivos contratos de arrendamiento que se produjeron a lo largo del siglo XIX[14].

La primera documentación grafica que se han obtenido son las ortofotos de los vuelos americanos de los años 1945, 1954 y 1956, donde el edificio todavía figuraba con un único volumen anexo en su cara norte. Si comparamos con la siguiente ortofoto histórica, la de 1983, se observa que en este periodo se llegaron a construir tres nuevos anexos. De igual modo, estos edificios ya aparecen construidos en las fotografías más antiguas del inmueble, que datan de la década de los setenta (figura 3). En dichas imágenes llama la atención que la ausencia de elementos arquitectónicos, existentes antes de la intervención actual, como la entrada de gran tamaño en la parte posterior o la cubierta que cubría todo el ancho de la parte Sur del edificio.

El primer levantamiento planimétrico del inmueble al que se ha tenido acceso data de 1985, cuando varios alumnos de la ETS de Arquitectura realizaron para la Diputación de Gipuzkoa los planos de varios edificios históricos (ETSA UPV/EHU 1985). Según estos documentos, el edificio presentaba ya para entonces una imagen casi idéntica a la actual, con la distribución interior totalmente alterada.



Figura 3
Fotografías de los años setenta, con dos de los tres nuevos anexos. Xabier Harregi Agirrezabala y Juanito Iñarra Agirrezabal.

Análisis histórico-constructivo

Se han detectado cuatro fases constructivas principales (figura 4): el edificio original de finales del XV, la reconstrucción de 1825, la construcción de los edificios anexos a mediados del siglo XX y las últimas intervenciones de finales del siglo XX. En este estudio, con el objeto de facilitar la lectura del edificio original, no se han tenido en cuenta la nueva estructura y cubierta que se están construyendo en la actualidad.

Fase 1: La Casa-palacio original de finales del XV

Como se ha visto en el estudio anterior, la primera mención del edificio data de 1499, cuando era pro-

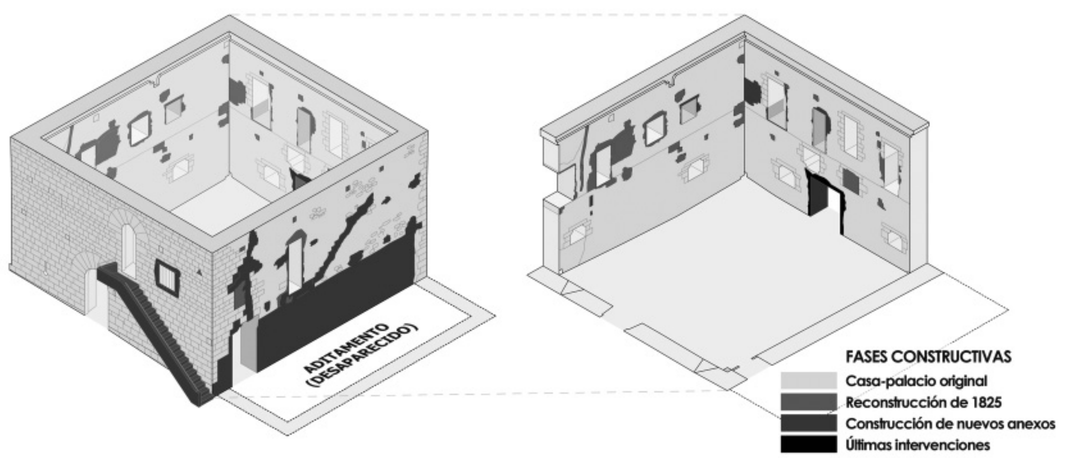


Figura 4
Fases constructivas de la Casa-palacio de Fagoaga.

piedad de Juan de Fagoaga. Lo más probable es que el edificio fuese construido por este mismo personaje a finales del siglo XV, gracias a los ingresos obtenidos de la ferrería Fagoaga, con el fin de poner en manifiesto su poderío y estatus social superior. Las cuatro fachadas del volumen principal no lucen discontinuidades desde los cimientos hasta el remate de cubierta, salvo los vanos y mechinales abiertos en épocas posteriores. En el interior de la Casa-palacio, los mechinales originales son identificables ya que son totalmente rectangulares y se encuentran perfectamente alineados tanto horizontalmente como verticalmente, a diferencia de los abiertos en épocas posteriores. Como se ha comentado anteriormente, el edificio contaba originalmente con un edificio anexo, cuyos restos fueron destruidos en las obras de demolición de 2014.

Nada sugiere que la construcción pudiese haber sido una Casa-torre desmochada. Los muros presentan en su parte superior una hilada de sillares bien trabados que nos indican que ese era el remate original del edificio. Lo mismo sucede con el hecho de que el edificio tenga una clara jerarquización de las fachadas, con el alzado delantero diferenciado mediante el uso de sillería, detalle impropio de la Casas-torre defensivas y que es bastante frecuente en las Casas-palacio de fines del XV y principios del XVI.

De hecho, la edificación cuenta con algunos elementos, bien trabados con la fábrica, que sitúan su construcción en un momento tardío de finales del XV. Destacan los dos vanos conopiales de la fachada posterior, siendo uno de ellos bastante ancho y plano, casi propio de los edificios renacentistas del siglo XVI (figura 5). Otros detalles que sitúan al edificio en este periodo son la calidad de los arcos escarzanos interiores de los accesos y la tipología de las troneras, cuyo diseño interior es más decorativo que defensivo.




Figura 5
Ventanas conopiales de la fachada posterior, transformadas en su parte inferior.

Fase 2: La reconstrucción de 1825

El segundo periodo constructivo se corresponde con las obras de reedificación realizadas después del incendio de 1824, donde se destruyó prácticamente toda la estructura interior. De acuerdo con la documentación escrita, en esta época se bajaron las cotas de los forjados de la planta noble y del bajocubierta. Para ello, se tapiaron los mechinales de la estructura anterior y se abrieron unos nuevos a una cota inferior. Además, en ambos pisos se introdujeron unas nuevas hiladas de ménsulas para sujetar las vigas laterales (figura 6), reutilizándose incluso cuatro canes de la fachada principal. También se incrustaron nuevos canes en la parte alta de la fachada Norte para el tejado del aditamento, que como muestra la documentación fue desmontado y vuelto a montar en este periodo.

En cuanto a los vanos, los restos conservados corroboran que tanto el acceso alto como prácticamente la totalidad de las ventanas de la primera planta fueron transformados, con el objeto de adaptarlos a la nueva cota del piso noble. Además, un vano de la fachada Norte fue tapiado y un número significativo de nuevas ventanas fueron abiertas, con la intención de proporcionar a la planta noble una mejor iluminación. Los vanos abiertos en esta época son reconocibles debido a que en su interior presentan varios dinteles de madera que sujetan todo el ancho del muro, solución bastante deficiente a juzgar por las grietas existentes en el muro Sur, que fue el que más transformaciones sufrió durante este periodo. Otros elementos de esta fase son la nueva chimenea, la escalera interior del muro Norte y varios enlucidos interiores.

Fase 3: La construcción de los edificios anexos a mediados del siglo XX

Como se ha visto con la documentación grafica relativa a este periodo, tres nuevos edificios anexos fueron construidos entre 1956 y 1983, uno de ellos adosado al aditamento original. La estructura de estas construcciones fue realizada con hormigón armado y





Figura 6
Tapiado de una saetera e Interior de la fachada, con ménsulas introducidas en 1825.

sus cerramientos con ladrillo hueco doble. De la misma manera, los nuevos huecos fueron construidos con estos materiales, lo que los hace bastante diferenciables de aquellos abiertos en 1825. Igualmente, los vanos tapiados en esta fase también presentan una cantidad de escombro de ladrillo, a diferencia de los de 1825 que fueron cegados únicamente con mampostería caliza.

También está realizada con los mismos materiales la actual escalera exterior de la Casa-Palacio[15], así como un balcón que hasta las últimas reformas se localizaba en la fachada Sur. En cuanto al edificio anexo original, parece ser que en esta época sufrió importantes reformas interiores, ya que su estructura fue sustituida por una nueva de hormigón, que fue empotrada directamente en el muro Norte del edificio principal. También son de esta época una serie de enfoscados y enlucidos interiores.

Fase 4: Las últimas intervenciones de finales del siglo XX

La Casa-palacio de Fagoaga experimentó una serie de reformas menores en la década de los noventa. Si comparamos las fotografías y planos de la década de los ochenta con el estado en el que se encontraba el inmueble antes de la actual obra, pueden diferenciarse una serie elementos de dudosa factura. Entre las labores que se realizaron en este periodo destacan la abertura de un nuevo acceso en la fachada trasera y el tapiado parcial del acceso que comunicaba el aditamento con la planta baja del cuerpo principal.

El sistema constructivo y elementos arquitectónicos originales

La Casa-palacio de Fagoaga puede catalogarse, dentro de los tipos evolutivos de Residencias Señoriales Bajomedievales, como un Palacio apaisado simple; es decir, consta de una planta baja ancha y baja destinada a almacenar ganado y a labores agropecuarias. En este sentido, las fachadas presentan una clara jerarquización (figura 7). El uso de la sillería se destina a la fachada principal, que miraba al antiguo camino, y en la que se encuentran sus dos accesos. La parte de la izquierda de la fachada Norte también está realizada en sillería hasta el punto donde se localizaban dos vanos originales, uno encima del otro. Este detalle era bastante frecuente en las Casas-palacio de Euskadi y servía para conseguir un perfecto engatillado de algunas zonas que, debido a la acumulación de huecos de vanos, podían provocar deficiencias estructurales. El resto de fachadas están erigidas en mampostería, posiblemente con la intención de aba-

ratar costes. De hecho, el empleo de sillería únicamente en la fachada principal es una característica que se da prácticamente en la totalidad de Casas-palacio de la zona.

Como se ha comentado anteriormente, se utilizaron piedras calizas para construir todos los muros. De acuerdo a los mapas geológicos de la zona (Gobierno Vasco 2016), este material no parece obtenido de las inmediaciones del edificio, donde abunda la arenisca. Precisamente, Fagoaga es una de las pocas construcciones de la zona que está realizada íntegramente en piedra caliza. La mayoría de Residencias Señoriales Bajomedievales de Oiartzun utilizan sillería arenisca para sus vanos, esquinas y paramentos nobles.

La construcción fue levantada siguiendo las unidades de medición bajomedievales de la época (figura 8). No obstante, de acuerdo con las comprobaciones realizadas, las dimensiones de estas proporciones no se corresponden con los estándares castellanos, ni con los guipuzcoanos, sino que varían ligeramente. En este sentido, la Casa-Palacio tiene una planta de 25 × 27 codos reales y una altura de 15 codos reales, desde sus cimientos hasta el remate alto de las paredes. La planta baja medía 10 codos de altura y la principal 9 codos. Medidas bastante similares entre sí, comparándolas con las grandes diferencias de altura entre forjados que se daban de las Casas-torre, donde el primer piso podía llegar a medir el doble que el resto de pisos.

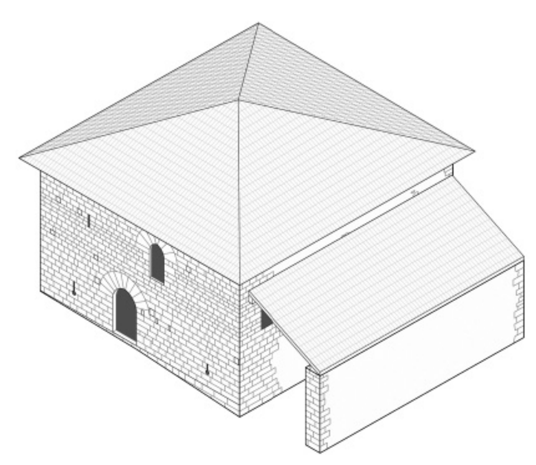


Figura 7
Reconstrucción de la Casa-palacio original con su anexo.

En cuanto al grosor de los muros, la unidad de medición que se utilizó fueron los pies. Tanto la planta baja como la superior tienen un grosor de 4 pies, espesor ligeramente inferior al de las Residencias Señoriales Bajomedievales defensivas. Los paramentos verticales tienen un retranqueo de medio pie en el remate superior, para acoger la estructura del bajocubierta. Igualmente, las ventanas y puertas originales también fueron elaboradas siguiendo los pies medievales: Las troneras tienen un hueco interior de 4 × 4 pies, las ventanas superiores un hueco de 3 × 8 pies,

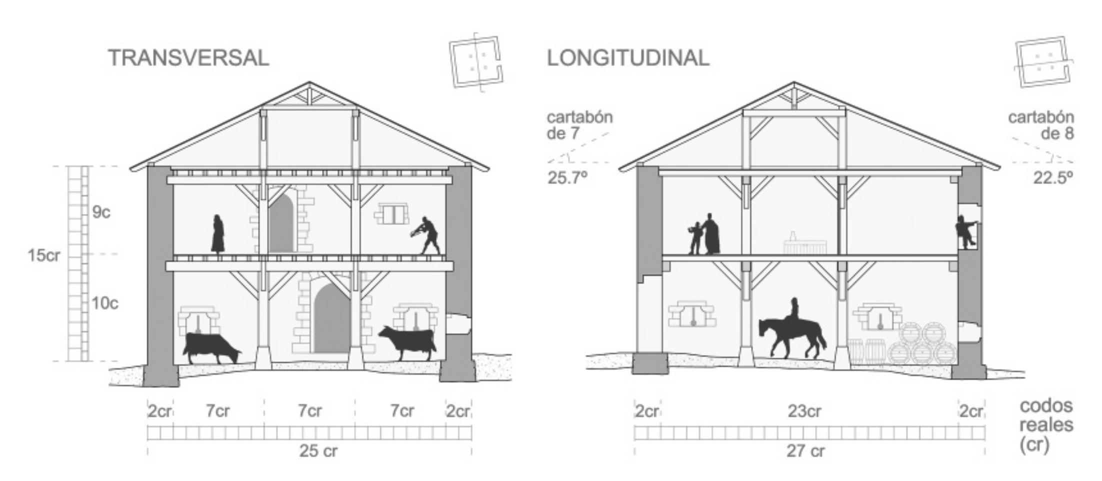


Figura 8
Estructura original de la de la Casa-palacio. Medidas en codos (c) y codos reales (cr).

el acceso alto unas medidas de 5 × 10 pies y la puerta baja de 7 × 12 pies.

Espacios y elementos arquitectónicos

La Casa-Palacio de Fagoaga se organizaba originalmente en tres plantas. El piso bajo estaba destinado principalmente a actividades ganaderas y agrícolas. Como se ha visto en el estudio documental, en esta planta se guardaban los animales del solar, ya que era un bien muy valioso y tenerlo bien protegido de los banderizos era bastante importante en una sociedad tan violenta como la bajomedieval (Bazán 1998). Además, proporcionaba un aporte calorífico al piso superior (Gaztelu 2017), donde se encontraba el espacio residencial de los señores. Por consiguiente, las aberturas de esta planta son muy estrechas hacia el exterior, a modo de troneras, con la intención de de mantener un ligero caudal de ventilación constante a la vez que se evita la entrada del frio exterior. Hacia el interior, en cambio, estos huecos tienen un abocinamiento, con el objetivo de aprovechar al máximo la iluminación de estas estrechas ranuras. Así pues, este piso cuenta con dos troneras por fachada, excepto en el muro Norte donde no hay vanos, ya que sobre él se ubicaba el añadido original. Estas troneras están realizadas, por la parte interior, mediante sillares calizos de gran factura y rematadas en dintel en cuarto de bocel. La fachada trasera contaba además con otras dos saeteras en una línea superior, sin derrame interior alguno, que serían inútiles desde un punto de vista poliercético.

El primer piso de la Casa-palacio acogía el espacio residencial de la familia. A esta planta se accedía mediante una escalera exterior, de gran pendiente y seguramente de piedra. El acceso alto comunicaba directamente con la zona menos privada de la planta, donde se situaba un gran «cuarto o salon» con «un escudo de armas en una tabla cuadrada»[16]. En esta estancia se desarrollaba gran parte de la actividad social familiar, donde comían, charlaban, acogían visitantes y atendían clientes. También se ubicaría en esta zona delantera el fuego o cocina, que también servía para calentar la estancia. En la parte trasera en cambio se localizaban las estancias más privadas del edificio, los aposentos, desde donde se podía observar tanto el camino de subida al edificio como la ferrería. Precisamente es en esta zona más privada donde están los vanos de mayor factura: la galería de ventanas conopiales con aristas naceladas. También hay que mencionar la existencia de una saetera en la fachada principal, a media altura, similar a las dos existentes en la planta baja.

En el último piso se situaba el bajocubierta. La superficie útil de esta planta era bastante reducida, debido a que la cubierta arrancaba desde una cota cercana al nivel del suelo. Lo más probable es que esta planta se utilizase como almacén o secadero de alimentos, como sucede con otros Palacios apaisados simples.

La estructura de madera

Como se ha comentado anteriormente, la estructura de madera original fue destruida en el incendio de 1824. No obstante, como se ha visto en el estudio histórico-constructivo, analizando los restos conservados de mechinales, alturas originales de vanos y remate de cubierta se ha podido reconstruir gran parte de la disposición de la estructura interior primigenia (figura 9). De acuerdo a la alineación de los mechinales originales, la estructura se organizaba mediante dos pórticos de madera en cada planta, que soportaban los dos forjados.

En la planta baja, los pies derechos arrancaban desde cuatro poyales troncopiramidales de piedra. Apoyadas en estos pies derechos iban las dos vigas centrales del primer piso, de gran escuadría, que reposaban sobre sopandas con tornapuntas. Sobre estas dos vigas y otras dos laterales apoyaba el forjado, realizado mediante solivos y tablas de madera. Como puede observarse en otras Casas-palacio, los solivos que pasaban por el eje de los pies derechos posiblemente tendrían una escuadría mayor que el resto, e irían unidos mediante tornapuntas a los elementos verticales. Así, mediante este sistema de tornapuntas bidireccional, toda la estructura quedaba perfectamente arriostrada. El forjado del bajocubierta tenía una disposición prácticamente idéntica a la del piso inferior. La única diferencia es que los solivos laterales se apoyaban directamente en el retranqueo de los muros, que es más alto en los muros Este y Oeste. Es más, si observamos la diferencia de altura entre el retranqueo de estos muros con el de las fachadas Norte y Sur, se puede obtener la escuadría de los solivos.

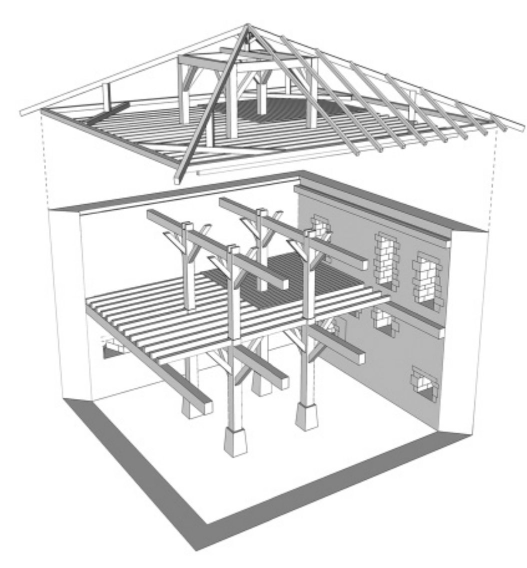


Figura 9
Reconstrucción de la estructura interior de la Casa-palacio de Fagoaga.

El edificio se remataba con una cubierta a cuatro aguas. Los cuatro pies derechos servían de base de las cuatro «goyaras» o correas horizontales, que sujetaban tanto el frontal como el pendolón central, donde descansaban los «aguilones» o limatesas. En el lado opuesto, las limatesas apoyaban sobre una durmiente perimetral y, en su parte central, sobre unos postes que arrancaban desde los «caballos» o cuadrales esquineros. Es decir, aparte de los dos apoyos laterales, las limatesas también tenían apoyos centrales, con el claro objetivo de reducir la luz. Los pares de cubierta presentaban un esquema similar: en sus extremos descansaban en las limatesas y en la durmiente perimetral, mientras que en su parte central se apoyaban en las correas. En la parte central, los tornapuntas arriostraban todas las uniones en ambas direcciones.

En cuanto a la inclinación de estos elementos, teniendo en cuenta la distancia a cubrir, lo más probable es que la cubierta de los lados Norte, Este y Sur tendría una pendiente correspondiente a un cartabón del 7 (25.7°) [17]. En cuanto a la fachada trasera, puesto que tiene una crujía más ancha que el resto, tuvo que erigirse seguramente con un cartabón de 8 (22.5°). De hecho, si se traza ambos tipos de pendientes desde los lados Este y Oeste, el punto de intersección obtenido se corresponde con el punto ubicado en el centro de la crujía central, lo que corroboraría que hubo un diseño previo de la cubierta. Quizás, esta diferencia de pendiente se deba a que la fachada trasera sea la más sometida a los vientos dominantes. Además, esto explicaría por qué la planta del edificio es 2 codos reales más larga en los lados Sur y Norte.

Conclusión

De las Casas-torre banderizas del siglo XIV a los primeros Palacios de principios del siglo XVI, las Residencias Señoriales fueron evolucionando durante el periodo bajomedieval, adaptándose a las necesidades de cada momento. La Casa-Palacio de Fagoaga es buen ejemplo esta evolución hacia un modelo más residencial. El edificio puede catalogarse como un Palacio apaisado simple, un tipo evolutivo de Residencia Señorial en la que la función agropecuaria tuvo una importante presencia, dando lugar a un modelo constructivo con una gran superficie útil en planta baja. De hecho, este avance hacia una planta más ancha supuso la necesidad de multiplicar los pies derechos centrales, originando soluciones estructurales más complejas que aquellas características de las Casas-torre defensivas. Es por esto que en este edificio se recurre a elementos de arriostramiento como tornapuntas, así como a apoyos intermedios en cubierta, como correas o cuadrales con enanos. Por consiguiente, en Fagoaga queda patente también la transformación del sistema estructural de las Residencias Señoriales Bajomedievales hacia un nuevo modelo más hiperestático, donde las uniones entre los diferentes elementos ligneos empezarán a tomar cada vez más importancia.

La labor realizada se inscribe dentro de una tesis doctoral que pretende estudiar la evolución de la tipología y sistema constructivo de las Residencias Señoriales Bajomedievales en el País Vasco.

Notas

1. Domingo de Sarasti fue el constructor de la Torre de Iturriotz. De hecho, Iturriotz y Fagoaga tienen características arquitectónicas similares: dos accesos diferenciados,

el uso de sillería únicamente en la fachada principal o un acabado casi idéntico de los vanos conopiales.

2. Así queda reflejado en un pleito de 1512: «Domingo de Sarasti e Juan de Fagoaga e otros que tenían ferrerías, a la sazón heran personas poderosos en los más de los tienpos syenpre heran alcaldes e jurados mayores» (Ayerbe et al. 2012).
3. Copia simple del testamento de Juan de Fagoaga otorgado en dicho valle de Oiarzun a 27 de Julio de 1546. AMVE, Archivo de la casa de Murguía, Marqueses de Valde-Espina, Fagoaga, Legajo 1,1
4. Ibídem, Hipoteca realizada por Martin de Fagoaga y Ana de Zuloaga, su mujer, en 1568.
5. La «casa de lagares que esta sobre la casa de la dicha casa principal de Fagoaga». Ibídem, Memorial de bienes accesorios de la Torre de Fagoaga.
6. ARCV, Real Audiencia y Chancillería de Valladolid, Pleitos Civiles. Escribanía Zarandona y Wals, Pleitos Olvidados, C 1756/2 - L 364.
7. Diligencias de los bienes de Fagoaga practicadas por Miguel de Arpide como jurador de Doña Angela de Olaiz. AMVE, Archivo de la casa de Murguía, Marqueses de Valde-Espina, Fagoaga, Legajo 1,1.
8. Expediente de pruebas del caballero de la orden de Carlos III, Anacleto Fagoaga y Dutari Borda. AHN, ESTADO-CARLOS III, Exp. 1818. Transcrito por Pérez (2003).
9. Cuentas de las obras de reedificación de la casería Fagoaga, propia del Marqués de Valdespina, sita en el valle de Oyárzun. AMVE, Archivo de la Casa de Murguía, Marqueses de Valde-Espina-Fondo moderno, siglo XIX y XX, Cuentas y recibos de obras, Registro 5, Letra O, nº 6.
10. Elementos horizontales de cubierta, a modo de correas, donde descansan los pares de cubierta en su tramo central.
11. En total tuvo que ser comprada 826 codos de «madera gruesa» correspondientes a «quatro limatesas o aguilones, quatro caballetes, los postes mayores, y los quatro frontales». Los caballetes o cuadrales, eran unos elementos horizontales que se colocaban en las esquinas de los muros, desde donde arrancaba un enano en el que apoyaban las limatesas. Los frontales eran unas vigas horizontales de madera, que sujetaban los elementos verticales de cubierta.
12. Así lo relata el perito Juan Bautista de Huici: «que los marcos de piedra de las ventanas tendran que retocar, por causa de que se ha tratado de bajar sus pabimientos, por hacer mas util el desban». AMVE, Archivo de la Casa de Murguía, Marqueses de Valde-Espina-Fondo moderno, siglo XIX y XX, Cuentas y recibos de obras, Registro 5, Letra O, nº 6.
13. Ídem.
14. Se han podido analizar dos de ellos, de 1827 y 1855, que no han aportado información relevante. AMVE, Archivo de la Casa de Murguía, Fondo moderno, siglo XIX y XX, Arrendamientos, Registro 1, Letra A, nº 11 y Marqués de Valde-Espina, Archivo de la Casa de Murguía, Marqueses de Valde-Espina, Fondo moderno, siglo XIX y XX, Arrendamientos, Registro 1, Letra A, nº7
15. La escalera exterior erigida en 1824 era de piedra y tenía unas barandillas de madera. AMVE, Archivo de la Casa de Murguía, Marqueses de Valde-Espina-Fondo moderno, siglo XIX y XX, Cuentas y recibos de obras, Registro 5, Letra O, nº 6.
16. Idem. En la documentación de 1821 también se menciona la existencia de un oratorio, pero es probable que no fuese original. Las capillas interiores empezaron a proliferar a partir del siglo XVI.
17. En época bajomedieval la elección del cartabón definía la pendiente de la armadura. Un cartabón de 7 hace referencia al ángulo que se obtiene si dividimos una media circunferencia en siete partes idénticas (Gómez 2006).

Referencias

Ayerbe Iribar, M. R., Irijoa Cortés, I., y San Miguel Osaba, A. (2012). *Documentación medieval del archivo municipal de Oiartzun. II. Pleito de los ferrones (1328–1514)*. San Sebastián: Eusko Ikaskuntza.

Bazán Díaz, I. (1998). El refugio de la delincuencia señorial. Torres y casas fuertes en el País Vasco: El ejemplo de la Torre de Berna. *Sancho El Sabio: Revista De Cultura e Investigación Vasca, 8*, 23–50.

Crespo Rico, M. A., Cruz Mundet, J. R., y Gómez Lago, J. M. (1991). *Colección documental del archivo municipal de Rentería. Tomo II (1470–1500)*. San Sebastián: Eusko Ikaskuntza.

ETSA UPV/EHU. (1985). *Levantamiento de planos de edificios de interés del Territorio Histórico de Guipúzcoa*. San Sebastián: Diputación Foral de Gipuzkoa.

Gaztelu, U. (2017). *Hacia una adaptación sostenible del caserío vasco: Experimentación hacia directrices de intervención para una rehabilitación equilibrada a través de un método extrapolable en un caso de estudio de la reserva de biosfera de Urdaibai*. UPV/EHU.

Gobierno Vasco. (2016). GeoEuskadi. Infraestructura de datos espaciales - IDE Euskadi. Consultado el 18–5–2017, en http://www.geo.euskadi.eus/s69–15375/es

Gómez Sánchez, M. I. (2006). *Las estructuras de madera en los tratados de arquitectura (1500–1810)*. Madrid: AITIM.

Irijoa Cortés, I., y Lema Pueyo, J. Á. (2011). *Documentación medieval del archivo municipal de Oiartzun. I. Libros de estimaciones fiscales de vecinos y bienes raíces (1499–1520)*. San Sebastián: Eusko Ikaskuntza.

Pérez Rosales, L. (2003). *Familia, poder, riqueza y subversión: Los Fagoaga novohispanos, 1730–1830*. México D.F: Universidad Iberoamericana.

Bóvedas de crucería en el Monasterio de las Huelgas Reales: diferentes soluciones estereotómicas

Rocío Maira Vidal

El Monasterio de Las Huelgas Reales de Burgos es uno de los edificios medievales de mayor relevancia en España. Su cronología es todavía incierta; algunos investigadores sitúan la construcción de la iglesia y las salas principales del cenobio a finales del siglo XII, mientras que otros se decantan por fechas avanzadas en el siglo posterior, después del fallecimiento de sus fundadores Alfonso VIII y Leonor Plantagenêt. El análisis de la construcción y estereotomía de sus bóvedas de crucería puede arrojar algo de luz a la datación del monasterio. Las interesantes conclusiones obtenidas a partir del estudio de la bóveda sexpartita de su iglesia, que realicé en el transcurso de mi tesis doctoral (Maira 2016), me han impulsado a continuar mis investigaciones en el cenobio (figura 1). Estos estudios, todavía en marcha, ya están produciendo los primeros resultados, que se exponen en esta contribución.

Sus bóvedas presentan diferentes tipos de talla que delatan la utilización de distintas herramientas y procedimientos constructivos en su montaje. Las naves de la iglesia, una parte del atrio norte de acceso y algunas construcciones anejas presentan soluciones estereotómicas más sencillas con piezas de escaso tamaño. Sin embargo en la cabecera de la iglesia, la sala capitular y la sacristía se han utilizado enormes dovelas y plementos, con una talla delicada y características muy peculiares en su construcción.

Esta comunicación pretende poner de manifiesto las características constructivas de las bóvedas de crucería del cenobio burgalés, que permitirán plantear nuevas hipótesis sobre las influencias recibidas, el origen de sus maestros y la cronología de su construcción.

Contexto histórico. Diferentes teorías sobre la cronología del cenobio

El Monasterio de Las Huelgas Reales de Burgos fue fundado por Alfonso VIII y Leonor de Inglaterra el 1 de Junio de 1187. Previsiblemente la cabecera de la iglesia es la parte del edificio con la que dio comienzo su construcción. La peculiaridad de sus bóvedas, sexpartita en el presbiterio y angevinas en los ábsides laterales y el vano central del crucero (De Vega 2011), ha llamado la atención de numerosos investigadores que señalan una posible influencia exterior. Sin embargo las fechas de construcción del cenobio son objeto de diferentes teorías. Don Vicente Lampérez, situaba el inicio de las obras en fecha temprana, datando la construcción de su cabecera entre 1180 y 1215, y el cuerpo de la iglesia entre 1215 y 1230 (Lampérez 1909). H. Karge, en la misma línea, considera que las fechas de su construcción se encuentran entre los primeros años del siglo XIII y 1220 (Karge 1995, Karge 2002). Gema Palomo y Juan Carlos Ruiz Souza reivindican el protagonismo de Alfonso VIII y Leonor Plantagenêt en la construcción del monasterio, señalando los primeros años del siglo XIII. Además consideran al cenobio burgalés y a la Catedral de Cuenca como dos hitos

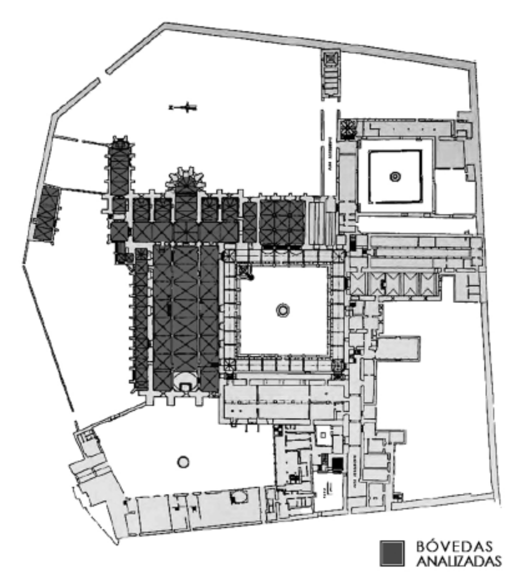


Figura 1
Plano del Monasterio de Las Huelgas Reales de Burgos (Corpus de Arquitectura Monástica. Universidad Autónoma de Madrid)

arquitectónicos donde se produce un cambio de orientación en la arquitectura castellana, aceptando tempranamente las corrientes que llegan desde las construcciones francesas del siglo XII. Afirman que a la muerte del monarca, en 1214, ya estaría completa la cabecera con el transepto y el esqueleto de la nave, así como otras estancias del edificio monástico, asignando al maestro Ricardo, probablemente de origen inglés o aquitano, el proyecto y dirección de las obras de la iglesia y del conjunto monástico hasta su partida en 1203 (Palomo y Ruiz 2007). Pablo Abella apoya esta datación, situando la fecha en los últimos años del siglo XII (Abella 2008).

Por otro lado las teorías de Elie Lambert y Torres Balbás, basándose en razones estilísticas, sitúan el inicio de la construcción de la iglesia en el primer cuarto de siglo XIII (Lambert [1931] 1985; Torres 1952, Torres 1981). Carlos Valle se muestra de acuerdo con esta teoría situando su construcción entre 1220 y 1225, nunca en vida de Alfonso VIII y Leonor Plantagenêt (Valle 1990, Valle 2005). La cronología que plantea Valle ha sido aceptada por la mayoría de investigadores que posteriormente se han ocupado del estudio del monasterio.

Metodología de medición y análisis

La medición de la bóveda sexpartita del presbiterio se ha realizado con estación total láser TCR 1105, lo que permitió definir su despiece, revelando interesantes particularidades en su estereotomía que hacen de ella un ejemplo único en España. El resto de bóvedas de crucería del monasterio, por su elevado número, se han medido a través de fotogrametría, utilizando el software 123D Catch de Autodesk (figura 2).



Figura 2
Modelo fotogramétrico de la sala capitular. Imagen de la autora.

El análisis de los datos de medición ha permitido abordar el estudio de su geometría, morfología y estereotomía. Su posterior estudio comparativo ha puesto de manifiesto diferencias importantes entre distintas zonas del monasterio. Estos datos se están poniendo en relación con otros abovedamientos similares europeos, lo que permitirá aportar interesantes conclusiones sobre las influencias externas recibidas en su construcción en un futuro próximo.

La utilización del baibel en el gótico primitivo

Los estudios realizados sobre la construcción de bóvedas sexpartitas en el gótico primitivo europeo nos permitieron concluir que estos abovedamientos se construían con dovelas rectas[1], talladas con la ayuda de

escuadras, con sus lechos paralelos entre sí (Maira 2017a). Las primeras bóvedas construidas con dovelas curvas y lechos convergentes datan de los primeros años del siglo XIII. Uno de estos casos, el único entre las bóvedas sexpartitas españolas, es el cenobio burgalés. La particular geometría de su bóveda sexpartita vincula su construcción con la Catedral de Lincoln (Maira 2017b), sin embargo la solución de su estereotomía, particularmente de sus jarjas, guarda relación con la iglesia de Notre Dame de Dijon (Maira 2017a) (figura 3). Estas características parecen indicar la influencia de ambos edificios, construidos a partir de 1220, lo que indicaría el inicio de la construcción de la iglesia de Las Huelgas Reales a partir de esta fecha (Maira 2017c). Las bóvedas que cubren su cabecera y el ala oriental del claustro muestran características similares a las encontradas en la bóveda sexpartita. Posiblemente la construcción de esta parte del monasterio es el resultado de la llegada de nuevas corrientes que implementaron las nuevas técnicas de talla que se estaban utilizando en otras zonas de Europa.

La bóveda sexpartita del presbiterio: interés y particularidades

La estereotomía de esta bóveda presenta características muy peculiares que no solamente hacen de ella un ejemplo único en la Península Ibérica sino también entre las bóvedas sexpartitas europeas construidas en el gótico primitivo. Una de estas características es el tamaño de sus dovelas y plementos, cuya longitud es extraordinariamente larga.

Las dovelas sin curvatura utilizadas en la mayor parte de las bóvedas sexpartitas europeas presentan una longitud inferior al medio metro. Las dovelas curvas de la bóveda sexpartita del cenobio burgalés superan el metro de largo (figura 4), mientras que en el resto de bóvedas europeas construidas con dovelas curvas su longitud no supera los 50 o 60 cm. La dimensión y el peso de estas piezas debió de dificultar las labores de izado para su colocación. Además la ejecución de dovelas tan largas requiere dominar las técnicas de talla y construcción en piedra, siendo imprescindible la estandarización de los nervios de la bóveda, construyéndose con la misma curvatura, lo que permite la utilización de un único baibel para realizar las dovelas de todos los nervios (Bechmann 2010; [1981] 2011; Calvo 2001; Palacios 2009; Palacios et al. 2015). Sin embargo hay ciertas ventajas asociadas a este sistema. El replanteo y disposición de las dovelas sobre las cimbras se convierte en una labor sencilla como consecuencia de su reducido número, 5 ó 6 piezas en cada nervio[2]. Además los trabajos de preparación previa de los sillares seleccionados para su talla, es decir, el desbaste grosero de

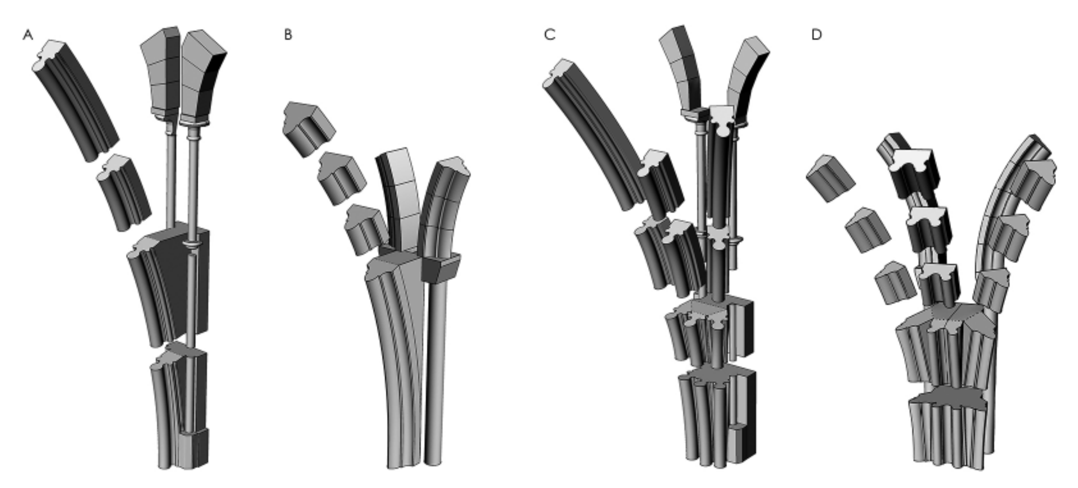


Figura 3
Análisis comparativo de las jarjas de Las Huelgas Reales de Burgos (a, c) y la iglesia de Notre Dame de Dijon (b, d). Modelos de la autora.

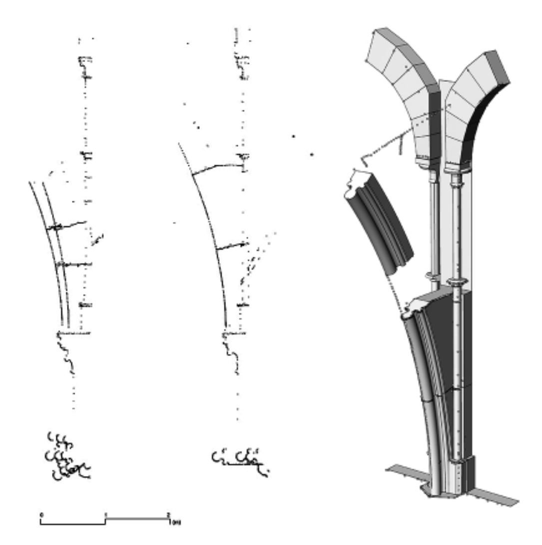


Figura 4
Medición de las dovelas y jarjas de la bóveda sexpartita del Monasterio de Las Huelgas. Imágenes de la autora.

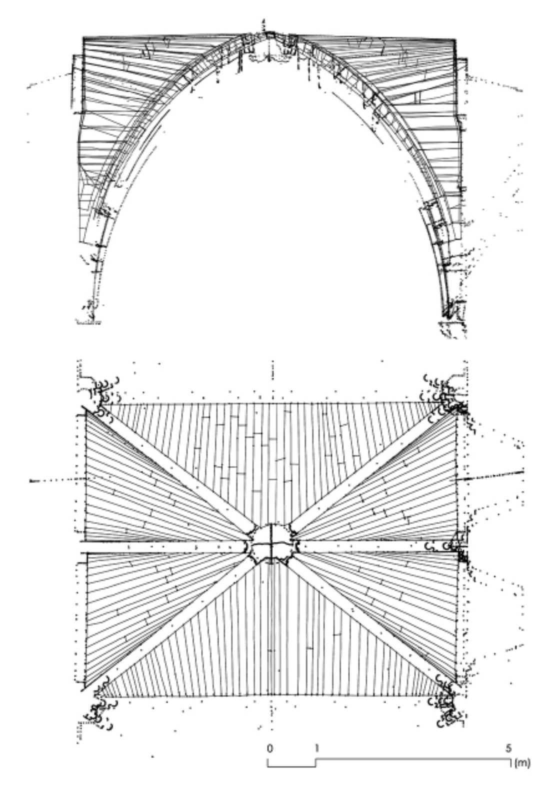


Figura 5
Despiece de las superficies de plementería. Planta y alzado de la medición de la bóveda sexpartita con estación total. Imágenes de la autora.

estos bloques, es una actividad que presenta dificultades y requiere tiempo, por lo que al reducir la cantidad de dovelas se simplifica notablemente.

La ejecución de plementos de grandes dimensiones es una particularidad extraña. Su izado y colocación son también tareas complicadas. Las piezas deben tener un grosor mínimo para evitar su rotura por flexión; en este caso alcanzan los 30 cm, lo que supone 1/3 más del canto que suelen presentar los plementos de tamaño medio utilizados normalmente en este tipo de superficies. Por otro lado la ejecución de las hiladas de plementería con una única pieza enteriza apoyada entre los nervios permite adintelar estas piezas directamente, sin necesidad de montar complicados elementos auxiliares (Fitchen [1961] 1981), lo que habría permitido reducir la cantidad de madera utilizada así como los costes asociados. Las hiladas que cubren una mayor luz, cercanas a la línea de rampante, se construyen con dos piezas de plementería de aproximadamente 1,70 metros de longitud cada una. Los plementos que cubren la luz completa llegan a alcanzar incluso los 2 metros. A diferencia de las dovelas, las superficies de plementería se construyen con piezas prismáticas, talladas rectas con escuadra; son superficies regladas (figura 5).

Los jarjamentos de la bóveda sexpartita muestran una talla particular y compleja por su curvatura y por tratarse de una solución que resuelve el enjarje con solo dos piezas superpuestas de gran altura (figuras 3 y 4). En los apoyos occidentales de la bóveda alcanzan 1,67 metros en total, siendo la primera pieza de 1 metro. Estos elementos engloban la sección de los tres nervios principales, ojivos y perpiaño, e incluso la primera pieza de jarja incluye el fuste de las columnas de los nervios formeros. La jarja del nervio central está formada también por dos piezas superpuestas que alcanzan en total 2,60 metros de altura (figura 3).

Escuadras o baibeles: dos técnicas de talla distintas

Si realizamos un simple análisis visual de las bóvedas de crucería del monasterio, la dimensión y talla

de sus dovelas llamará particularmente nuestra atención, ya que podemos encontrar distintas técnicas de talla que implican la utilización de diferentes herramientas.

Encontramos abovedamientos donde las dovelas son de escasa longitud y rectas, con sus caras de testa paralelas entre sí: su talla se ha realizado con escuadras. Estas bóvedas cubren el vano adosado al brazo crucero en su hastial Norte, la bóveda de crucería debajo de la torre (figura 6) y la capilla de San Martín, donde algunas dovelas son rectas y otras se han tallado con curvatura, dependiendo del nervio en el que se encuentren.

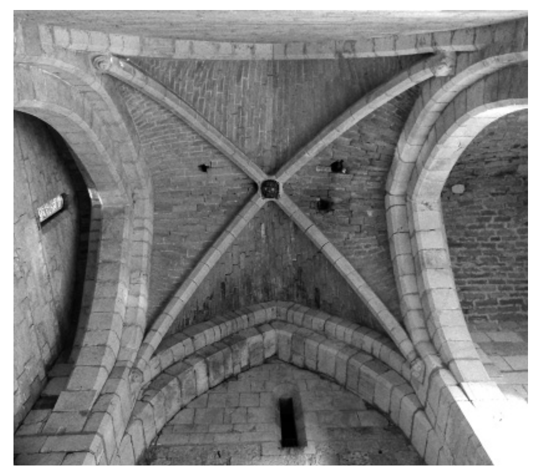


Figura 6
Bóveda bajo la torre. Dovelas rectas, apoyos resueltos con salmeres. Fotografía de la autora

Sin embargo otras bóvedas se han construido con enormes dovelas que superan el metro y medio de longitud, tallándose con la curvatura del arco a partir de baibeles. Estos abovedamientos ocupan la zona oriental del edificio: los dos primeros tramos occidentales del atrio norte de la iglesia, situados a continuación del Pórtico de los Caballeros, el presbiterio y los ábsides laterales de la cabecera, el brazo crucero, la sacristía (figura 7) y la sala capitular, estas dos últimas situadas a continuación del hastial meridional del brazo crucero. Estas bóvedas constituyen una de las partes más importantes del edificio, no solo por su simbología religiosa, sino por ser el lugar donde el



Figura 7
Bóvedas de la sacristía, ejecutadas con grandes piezas de sección prismática. Fotografía de la autora

clero, la nobleza, la realeza y la clausura (a través de la rejería que separa este espacio del resto de la iglesia) coincidían durante los oficios religiosos. Estas podrían ser las razones de la participación de nuevos talleres llegados desde Francia o Inglaterra que implementaron nuevas técnicas de construcción.

Otros abovedamientos presentan también dovelas curvas talladas con baibel aunque con dimensiones



Figura 8
Bóvedas del Pórtico de los caballeros. Desarrollo estereotómico intermedio. Fotografía de la autora

reducidas, aproximadamente 45 cm, y con una talla menos delicada; se trata de las bóvedas del pórtico de los caballeros (figura 8), las naves laterales de la iglesia y la capilla de San Juan. Estas características delatan la participación de maestros y talleres distintos en estas partes del edificio.

Las bóvedas construidas con grandes piezas

El área oriental del monasterio no se caracteriza únicamente por la utilización de grandes dovelas curvas sino que también comparten otras características estereotómicas destacables.

Sus superficies de plementería se han ejecutado con piezas rectas de grandes dimensiones adinteladas entre los nervios de apoyo, como en la bóveda sexpartita. Sus dimensiones oscilan entre 1 metro y 2,40 metros de longitud, dependiendo del caso (figura 9 y 10). Los plementos de cumbrera de la sala capitular se tallaron en ángulo, para marcar la línea del rampante de la bóveda. Además estas bóvedas se han construido sobre jarjas con un gran desarrollo estereotómico. Destacan la solución en los apoyos centrales de la sala capitular, formadas por la confluencia de 8 nervios; son tres piezas superpuestas que alcanzan entre 1,20 y 1,35 metros de altura. Las jarjas de las bóvedas occidentales del atrio de entrada a la iglesia presentan una única pieza asimétrica, formada por nervios de distinta sección que alcanzan distintas alturas, característica poco habitual. Su altura también es considerable, oscila entre 80 y 95 cm.



Figura 9
Trasdós de las bóvedas del brazo crucero Norte. Plementos rectos de gran longitud. Fotografía de la autora.



Figura 10
Trasdós de sacristía y sala capitular. Plementos rectos de gran longitud. Fotografía de la autora.

En la mayor parte de las bóvedas las claves presentan un escaso desarrollo, con brazos de escasa longitud y piezas centrales pequeñas. Todas ellas tienen sus brazos inclinados y sus lechos convergentes hacia el centro de los arcos para recibir la primera dovela de cada nervio. Las claves del presbiterio, ábsides, crucero central y sala capitular presentan similitudes entre sí; sus brazos son más largos, con grandes volúmenes centrales que tapan prácticamente la totalidad del desarrollo de la pieza.

En la bóveda sexpartita, los brazos de la clave que corresponden al nervio central no están completamente tallados sino simplemente desbastados con el puntero. La falta de motivos ornamentales en algunas basas y capiteles del monasterio, rematados como sólidos capaces, son una de las características más sorprendentes del monasterio y se han asociado a la interrupción de las obras de construcción en la segunda mitad del siglo XIII (Sobrino 2001). Destacan las bóvedas de la sacristía, con dovelas y jarjas de sección prismática, sin decoración alguna (figura 7).

Plementerías curvas en las bóvedas angevinas

Las bóvedas angevinas de la cabecera muestran una característica diferenciadora relevante: sus plementos se han tallado con curvatura. Se trata de estructuras

cupuliformes con fuertes pendientes. Su volumetría redondeada y las grandes dimensiones de sus plementos obligaron a la talla curva de estas piezas. En los ábsides laterales miden entre 95 y 1'95 metros de longitud, y 20 cm de ancho, y en el crucero central superan el metro de longitud con 25 y 30 cm de anchura (figura 11). Desconocemos su profundidad aunque es posible que sea similar a la encontrada en la bóveda sexpartita. Aunque la plementería se dispone en ambos casos en arista, en la bóveda del crucero las primeras hiladas son concéntricas.



Figura 11
Trasdós del ábside de la esquina sureste de la cabecera. Grandes plementos curvos. Fotografía de la autora.

Soluciones estereotómicas de escaso desarrollo

Las bóvedas de crucería que cubren el resto de espacios del monasterio muestran detalles estereotómicos con menor dificultad de ejecución. Como ya se ha comentado algunas presentan dovelas rectas (figura 6), y otras, aunque se han construido con dovelas curvas éstas tienen una longitud reducida. Las superficies de plementería se han construido con piezas de escasa dimensión (figura 8), entre 20 y 40 cm. Su tamaño no permite adintelarlas entre los nervios de apoyo, por lo que los sistemas auxiliares necesarios son más complejos y requieren una mayor cantidad de madera.

Los jarjamentos son de escasa altura, entre 35 y 40 cm cada pieza. En las naves laterales de la iglesia se observa una progresión en la estereotomía de sus apoyos. Las bóvedas de los vanos orientales carecen de jarjas, sin embargo los tramos situados hacia el extremo occidental de la nave se construyen con jarjas, aunque torpemente resueltas.

La visita realizada al trasdós permitió constatar que las bóvedas de la nave principal son tabicadas[3], con excepción de la bóveda que cubre el primer tramo oriental, situado a continuación del crucero[4] (figura 12). Esta modificación drástica en el sistema constructivo indica un cambio de rumbo, quizás motivado por la paralización temporal de las obras, reanudadas con posterioridad con menores recursos económicos o con cierta prisa para finalizar la construcción del edificio.



Figura 12
Trasdós de la nave principal: primer vano realizado en piedra, a partir del segundo vano son bóvedas tabicadas. Fotografía de la autora.

Hacia unas conclusiones

La estereotomía de las bóvedas de crucería del Monasterio de Las Huelgas Reales marca dos zonas distintas que parecen indicar la participación de maestros y talleres diferentes. Por un lado la parte oriental de la iglesia y del claustro, que presentan un mayor desarrollo de los conocimientos de talla en piedra e indican, por la peculiaridad de su construcción, la llegada de nuevas corrientes al monasterio. Por otro lado la zona occidental de la iglesia, que muestra

técnicas menos desarrolladas y piezas de menor tamaño. Además se detecta un cambio drástico en la construcción de la nave principal al sustituir las bóvedas de piedra por tabicadas, quizá como consecuencia de una paralización temporal de las obras.

La talla de dovelas curvas, con una longitud extraordinaria, implica la utilización de nuevas herramientas de talla en el gótico primitivo, como el baibel. La calidad estereotómica de las piezas y la utilización de grandes jarjamentos y plementos apuntan a la mano de un arquitecto experimentado e indican que su construcción debe situarse entre las cronologías más tardías indicadas por los historiadores, probablemente hacia el segundo cuarto del siglo XIII.

Notas

1. En el transcurso de la tesis doctoral se analizaron 59 bóvedas sexpartitas en Europa. El área de análisis comprendió España, Francia, Inglaterra, Alemania, Suiza e Italia, donde se analizaron los ejemplos más representativos de esta tipología.
2. Las bóvedas sexpartitas europeas construidas con dovelas rectas presentan entre 20 y 25 piezas por nervio.
3. Son bóvedas tabicadas de dos vueltas. No se ha podido comprobar si sus nervios son de yeso porque se encuentran completamente pintados. Su aparente continuidad estructural debajo de la pintura podría indicar que no son dovelas pétreas, ya que los nervios de la única bóveda de piedra de la nave delatan su materialidad y despiece a pesar de las pinturas.
4. Información facilitada por Javier García-Gallardo y posteriormente corroborada durante la visita.

Agradecimientos

Me gustaría agradecer a Patrimonio Nacional las facilidades prestadas para poder medir y fotografiar el monasterio. Mi más sincero agradecimiento a Fco. Javier García-Gallardo Gil-Fournier, jefe del Servicio del Departamento de Arquitectura y Jardines de la Dirección de Inmuebles y Medio Natural, gran conocedor del edificio, en el que ha realizado numerosas restauraciones durante tantos años. Gracias por mostrarme la arquitectura del monasterio y por su paciencia y dedicación en la maravillosa visita al edificio que tuve la fortuna de disfrutar.

Lista de referencias

Abella Villar, P. 2008. Nuevas pesquisas sobre los orígenes constructivos del monasterio de Santa María la Real de Las Huelgas de Burgos. *Codex Aqvilarensis. Cuadernos de investigación del monasterio de Santa María la Real*, 24: 32–61.

Bechmann, Roland. [1981] 2011. *Les racines del cathédrales*. París: Payot.

Bechmann, Roland. 2010. Comment standardisation et préfabrication, développées aux XIIe-XIIIe siècles dans le système de construction, ont permis l'extraordinaire floraison des cathédrales «gothiques». En *Edifice & Artifice. Histoires Constructives*, editado por V. Nègre, R. Carvais, A. Guillerme y J.Sakarovitch, 771–780. París: Picard.

Calvo López, José. 2001. Entre labra y traza. Instrumentos geométricos para la labra de la piedra de sillería en la Edad Moderna. En *Actas del VI congreso nacional de profesores de materiales de construcción de las Escuelas de Arquitectura técnica*, 107–120. Sevilla: Asociación de Profesores de Materiales de Construcción de Escuelas de Arquitectura Técnica.

De Vega García, Esther. 2011. ¿Angevinas o aquitanas? Bóvedas cupuladas protogóticas en Castilla-León. En *Actas del séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción,* editado por S. Huerta, I. Gil, S. García y M. Taín, Tomo II, 1437–1446. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Fitchen, John. [1961] 1981. *The Construction of Gothic Cathedrals. A Study of Medieval Vault Erection.* Chicago: The University of Chicago Press.

Karge, Henrik. 1995. *La catedral de Burgos y la arquitectura del siglo XIII en Francia y España*. Valladolid: Junta de Castilla y León.

Karge, Henrik. 2002. La arquitectura gótica del siglo XIII. En *Historia de la Ciencia y de la técnica en la Corona de Castilla, I, Edad Media*, editado por L. García Ballester, 543–599. Salamanca: Junta de Castilla y León.

Lambert, Elie. [1931] 1985. *El arte gótico en España.* Madrid: Editorial Cátedra.

Lampérez y Romea, Vicente. 1909. *Historia de la Arquitectura Cristina Española en la Edad Media. Tomos I y II.* Madrid.

Maira Vidal, Rocío. 2016. Bóvedas sexpartitas. Los orígenes del gótico. Tesis doctoral. Universidad Politécnica.

Maira Vidal, R. (2017a). Evolution of construction techniques in the Early Gothic: comparative study of the stereotomy of European sexpartite vaults using new measurement systems. *Journal of Cultural Heritage.*

Maira Vidal, R. (2017b). The evolution of the knowledge of geometry in Early Gothic construction: the development of the sexpartite vault in Europe. *International Journal of Architectural Heritage.*

Maira Vidal, Rocío. (2017c). Bóvedas sexpartitas. Estrategias geométricas y constructivas empleadas durante el reinado de Alfonso VIII. En *Alfonso VIII y Leonor de Inglaterra: confluencias artísticas en el entorno de 1200*, editado por M. Poza Yagüe y D. Olivares Martínez. Madrid: Ediciones Complutense. [En prensa]

Palacios Gonzalo, José Carlos. 2009. *La Cantería Medieval. La construcción de la bóveda gótica española.* Madrid: Munilla-Lería.

Palacios Gonzalo, José Carlos; Martín Talaverano, Rafael; Bravo Guerrero, Sandra Cynthia, et al. 2015. *Taller de Construcción Gótica I. Workshop On Building Gothic Methods I.* Madrid: Munilla-Lería.

Palomo Fernández, G. y Ruiz Souza, J.C. 2007. Nuevas hipótesis sobre las Huelgas de Burgos. Escenografía funeraria de Alfonso X para un proyecto inacabado de Alfonso VIII y Leonor Plantagenêt. *Goya*, 316–317: 21–44.

Sobrino González, M. 2001.Técnicas y procesos de la escultura y la cantería medievales a través de Las Huelgas de Burgos. *Boletín del Museo Arqueológico Nacional*, 19: 139–151.

Torres Balbás, Leopoldo. 1952. *Arquitectura gótica.* Serie Ars Hispaniae. Madrid: Plus Ultra.

Torres Balbás, Leopoldo. 1981. *Obra dispersa, Crónica de la España musulmana. Progenie hispanomusulmana de las primeras bóvedas nervadas francesas y los orígenes de las ojivas*. Tomo I. Madrid: Instituto de España.

Valle Pérez, José Carlos. 1990. Significación de la iglesia en el panorama de la arquitectura de la orden del císter. En *Reales Sitios*, 105: 49–56.

Valle Pérez, José Carlos. 2005. La construcción del Monasterio de las Huelgas. En *Vestiduras ricas. El monasterio de las Huelgas y su época (1170–1340)*, editado por J. Yarza Luaces, 35–50. Madrid

Arquitectura conventual de León de Nicaragua y Cartago de Costa Rica, siglos XVI a XVIII

Rosa Elena Malavassi Aguilar

Las órdenes conventuales juegan un importante papel en la colonia, son emisarios de la Corona española en el llamado Nuevo Mundo, situación que refleja los precedentes medievales ya que, en el temprano medievo, las órdenes conventuales tienen peso en la conversión de los pueblos rurales del Norte y Oeste europeos (Sanou Alfaro 1994, 1). Son precisamente las órdenes mendicantes las que experimentan un mayor crecimiento en América durante los períodos de conquista y colonización, sobresalen las órdenes franciscana y dominica, que además son órdenes mendicantes.

El objetivo de este proyecto es identificar si la arquitectura construida en Costa Rica y Nicaragua por cada orden tiene una tipología común, o bien acorde con sus reglas. Sobre este tema Ofelia Sanou (1994, 48) señala que al estudiar la arquitectura implantada en América por los españoles se debe considerar que la misma se vio modificada por las características propias de la región como los materiales y técnicas constructivas locales, y los terremotos, sin embargo, no concluye que esto implique la ausencia de rasgos comunes. Para Sanou también los planteamientos ideológicos se vieron modificados ante la realidad de la población que se pretendía conquistar y colonizar.

En la presente investigación se realiza un análisis de contenido que permite identificar, a partir de la filosofía de las órdenes religiosas, los lineamientos que se ven reflejados en los edificios religiosos según cada una de las zonas en estudio. Por lo tanto, el primer paso es la definición de las zonas a comparar, en este caso, se trata de tres zonas: León Viejo y León (asentamiento actual) en Nicaragua, y Cartago en Costa Rica.

Delimitación espacial, temporal y temática

Si bien en la fundación de las ciudades durante la Colonia fue muy importante la participación del clero secular (el clero que obedece al Obispo) y del clero regular (que sigue una regla y habita en los conventos), esta investigación se limita al clero regular, se estudian tres órdenes: Franciscanos, Dominicos y Mercedarios. En este contexto se entiende la arquitectura conventual como las edificaciones de estas órdenes, tanto iglesias como conventos.

Espacialmente este estudio se limita a las capitales coloniales de Nicaragua y Costa Rica: León y Cartago. Esta selección se justifica porque se parte del momento en que llegan las órdenes a cada territorio, generalmente las mismas se establecían en la ciudad principal, y luego, dependiendo de los objetivos de la orden, establecían los templos en las zonas indígenas, tal y como sucede con las misiones de los franciscanos. Esta característica plantea dos situaciones especiales: en el caso de León se deben considerar dos asentamientos, el hoy conocido como León Viejo que funcionó entre 1524 y 1610 (considerado en este trabajo como una zona de estudio), y el actual asentamiento que se funda al momento de darse el traslado en 1610 (una segunda zona de estudio). En Carta-

go, ciudad fundada en 1563, además del cuadrante central, se incluyen dos importantes conventos de misión franciscana que se ubican a 15 kilómetros al este de la ciudad: Orosi y Ujarrás, no obstante, se consideran todos como la tercera zona en estudio.[1]

Las iglesias a estudiar son: Iglesia de Santo Domingo, Iglesia de La Merced y Convento de La Merced en León Viejo; Iglesia de San Francisco, Convento de San Francisco e Iglesia de La Merced en León; Iglesia de Ujarrás, Convento de San Francisco, Convento de La Soledad y Convento de Orosi en Cartago (figura 1).

La delimitación temporal comprende el periodo que inicia en el siglo XVI cuando se ha consolidado el proceso de colonización, y cierra en el siglo XVIII, periodo de las Reformas Borbónicas que implicó una nueva organización de las ciudades en barrios y cuarteles (Quesada Avendaño 2011, 46).

El enfoque del estudio es el Análisis de Contenido. Según Maurice Duverger (1977), el Análisis de Contenido consiste en clasificar en categorías preestablecidas los elementos del texto por analizar, estos elementos son palabras, frases, documentos enteros, etc. Existen dos tipos de elementos: de origen gramatical o no gramatical. En el presente caso de estudio, se utilizarán elementos de origen no gramatical,[2] específicamente las iglesias y conventos en Nicaragua y



Figura 1
Delimitación espacial, se señalan las tres zonas en estudio. Mapa base tomado de Google Maps

Costa Rica. En nuestro caso se trata de edificaciones religiosas coloniales, específicamente iglesias y conventos de León y Cartago.

El análisis de contenido implica definir una serie de códigos que son las variables a analizar, para definir estas variables se revisó literatura sobre el surgimiento de cada orden y sus objetivos, además de los votos que realizan sus miembros, así se identificaron variables que se analizaron en las edificaciones seleccionadas.

Definición de los códigos para el Análisis de Contenido

Para definir los códigos para el análisis de contenido, primero se deben conocer las características de cada orden religiosa en cuestión y los antecedentes de la arquitectura conventual[3] que desarrollaron dichas órdenes. Ofelia Sanou (1994) indica que la basílica fue el tipo de iglesia parroquial, episcopal y monástica en los siglos IV a VI en Oriente y Occidente. Este modelo consistía en un cuerpo longitudinal de tres o cinco naves separadas por columnas, techo de madera y claristorio que hacía la nave central más alta. En el siglo XII con la catedral gótica el elemento más importante para la liturgia pasa a ser la cabecera por la importancia que adquiere el momento de la consagración, por eso se le acristala con vidrieras de colores.

Sin embargo, en ese mismo siglo las órdenes mendicantes rompen con el sistema basilical, en 1209 se funda la orden de los Franciscanos en Asís, Italia, y en 1216 se funda la orden de Santo Domingo en el sur de Francia (Sanou Alfaro 1994, 49). Estas órdenes tienen entre sus funciones subir al púlpito para predicar al pueblo, por lo tanto requieren edificios que permitan dar sermones, estos edificios serán alargados, sin crucero y de una sola nave. No serán usuales las bóvedas con excepción de la cabecera, las cubiertas serán con armazón de madera. En el caso de los franciscanos, sus preceptos iniciales permitían cubrir con bóveda solamente el santuario (Sanou Alfaro 1994, 53).

En sus inicios Francisco de Asís insistía en que los frailes deberían despojarse de sus bienes, y vivir solamente de la mendicidad, sin embargo, al morir Francisco en el año 1226, se produce una escisión entre los que desean mantener la doctrina de pobreza absoluta, y los que consideraban que la orden debería tener casas para albergar a sus miembros y libros

para educar a los jóvenes, siendo este último grupo el que dominó (Collins y Price 2000, 115). La orden se basa en fervor en la acción, vida evangélica, oración y ascesis (Abad Pérez 1992, 17), los frailes realizan votos de pobreza, castidad y obediencia.

En 1505 se establece en América la primera Provincia, llamada Santa Cruz, en la isla La Española. Llegan a México en 1524, a Guatemala en 1540. En 1575 se funda la Provincia de San Jorge de Nicaragua, a la que pertenece Costa Rica (Abad Pérez 1992, 166).

La orden dominica fue fundada por Domingo de Guzmán bajo el nombre de Orden de Predicadores, debido a que su finalidad era la predicación. Los fundadores aceptaron la Regla de San Agustín como forma de vida religiosa (Hernández Méndez y Ramírez Juárez 2000, 7). Los dominicos, al igual que los franciscanos, realizan votos de pobreza, castidad y obediencia. Inicialmente, por voluntad de su fundador, la Orden de Predicadores debía adoptar como forma de vida la mendicidad, por lo tanto no podían tener bienes ni recibir rentas. Sin embargo, en 1425 el Papa Martín V permitió que un convento de cada provincia dominica tuviera ingresos monetarios para su manutención. Medio siglo después el Papa Sixto IV autorizó que todos los conventos tuvieran rentas (Hernández Méndez y Ramírez Juárez 2000, 18). La orden tiene tradición monástica y labor misionera. Incorpora el estudio al proyecto misional ya que sus cuatro pilares son oración, vida comunitaria, estudio y ministerio (Medina 1992, 12).

Los dominicos llegaron a América a finales de 1510 e inicios de 1511 a la isla La Española. Llegaron a León en el año 1529, donde fundaron la Casa de San Pablo de León. En 1530 los dominicos partieron hacia Perú y regresaron a León en 1533, finalmente el convento de León cerró en 1555.

La Orden de Nuestra Señora de la Merced nació en Barcelona en el año 1218 y fue fundada por San Pedro Nolasco. Los mercedarios se comprometían a los votos de pobreza, obediencia y castidad, y agregaban un cuarto voto: la caridad bajo la forma de la redención de cautivos, siendo este cuarto voto el motivo de su fundación. Sin embargo, en la América colonial los mercedarios tuvieron que modificar su cuarto voto fundacional, ya no redimían cautivos, sino que recolectaban dinero para que sus hermanos españoles lo utilizaran en la liberación de apresados en viajes de ida o regreso a España (Borges 1992, 12).

El origen de la orden lleva la denominación oficial de Real y Militar Orden de la Merced, esto implicó que en América los mercedarios participaran como capellanes en muchas expediciones de conquista organizadas en el siglo XVI. Esta característica aunada a que los mercedarios no eran una orden mendicante, implicó una característica propia de estos religiosos: «…los mercedarios acostumbraron a iniciar su vida en América a base de solares, tierras y encomiendas de indios que se les entregaban una vez anexionados, en recompensa de los méritos adquiridos durante el proceso anexionador.» (Borges 1992, 13).

Junto con los franciscanos, los mercedarios son la primera orden en llegar a América, llegan a la isla la Española en 1493 en el segundo viaje de Cristóbal Colón. En 1514 edifican su primer templo en esa isla, en 1527 fundan el convento en León de Nicaragua, en 1536 fundan el convento en Guatemala. Tuvieron presencia en Costa Rica en 1561 pero no fundaron ningún convento estable. Los mercedarios se organizaban en provincias, América Central pertenecía a la provincia de la Presentación de Guatemala, fundada en 1564 y que incluía los actuales territorios de Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica, y la actual región mexicana de Chiapas (Borges 1992, 18–19).

El siguiente cuadro sintetiza los aspectos más relevantes de este apartado, y que serán de utilidad en el análisis posterior (figura 2):

Las variables para el análisis de contenido se organizan en tres categorías: votos, objetivos y características de las edificaciones. A partir de la información anterior, se definen las siguientes variables (figura 3):

Para analizar la forma en que las variables identificadas se ven reflejadas en las diez edificaciones seleccionadas, se diseñó una ficha descriptiva donde se sintetizan las características de cada iglesia o convento, consta de las siguientes casillas:

1. Información general: nombre de la edificación, orden a la que pertenece, año de construcción y estado de conservación.
2. Nivel urbano: ubica la edificación en su contexto urbano, con la ubicación del edificio en la cuadra, la presencia de escalinata y atrio, y otros elementos que puedan indicar jerarquización del objeto arquitectónico.
3. Materiales constructivos: materiales del piso, paredes, columnas, cielo raso y cubierta. Prin-

Orden	Año de fundación	Año de llegada a América	Votos	Particularidad	Características de sus edificaciones en América	Llegaron a	
						Nicaragua	Costa Rica
Franciscanos	1209	1493	Pobreza, castidad y obediencia	Mendicantes. Fervor en la acción, vida evangélica, oración y ascesis	Iglesias alargadas, sin crucero y tres naves. Cubierta de madera, bóveda en el santuario. Deseo de evocar las primeras basílicas cristianas, y así ligar la pobreza franciscana a las tradiciones de la Iglesia primitiva. Fachadas lisas, de uno o dos cuerpos, una torre o espadaña.	1524	1561
Dominicos	1206	1510	Pobreza, castidad y obediencia	Mendicantes. Predicación, oración, vida comunitaria, estudio y ministerio	Iglesias alargadas, sin crucero y de una sola nave. La planta se compone de coro, nave o cuerpo principal y capilla mayor, cubierta de madera más elevada en el altar. Fachada principal con espadaña, independiente de la nave, habitación del doctrinero al sur, presencia de atrio.	1529	---
Mercedarios	1218	1493	Pobreza, castidad, obediencia y caridad	Redención de cautivos	Arquería, elaboradas fachadas de influencia barroca, bóveda de cañón en las cubiertas.	1527	---

Figura 2
Características generales de las órdenes religiosas establecidas en León y Cartago durante el período colonial. Elaboración propia

Orden	Variables por categorías		
	Votos	Objetivos	Características de las edificaciones
San Francisco	Pobreza Castidad Obediencia	Predicación Oración Ascesis	Planta de tres naves Cubierta de madera Bóveda en el presbiterio Fachada lisa Fachada de uno o dos cuerpos
Santo Domingo	Pobreza Castidad Obediencia	Predicación Oración Estudio	Planta de tres naves Cubierta de madera Bóveda en el presbiterio Fachada lisa Fachada de uno o dos cuerpos Atrio
La Merced	Pobreza Castidad Obediencia Caridad	Redención	Fachada elaborada Bóveda de cañón

Figura 3
Variables según categorías. Elaboración propia

cipalmente en el cielo raso y la cubierta el objetivo es detectar si hay algún cambio entre las naves y el presbiterio que indique jerarquía del segundo.

4. Características: se enfatizan las principales características del edificio.
5. Planta arquitectónica: croquis de la planta de la edificación, el objetivo es visualizar la escala de la edificación según cantidad de naves y otros elementos representativos.
6. Ornamentos: imágenes o información sobre los ornamentos del templo, de manera que sus características estilísticas se puedan confrontar con las características de la edificación.

7. Fachada principal: para analizar el diseño de la fachada según cantidad de cuerpos, líneas estilísticas y otros elementos representativos.
8. Fachada lateral: para confrontar sus características con las de la fachada principal.
9. Espacio interno: vistas internas de la edificación para analizar cambios de nivel, detalles estilísticos y otros elementos que permiten confrontar sus características con las de las fachadas.

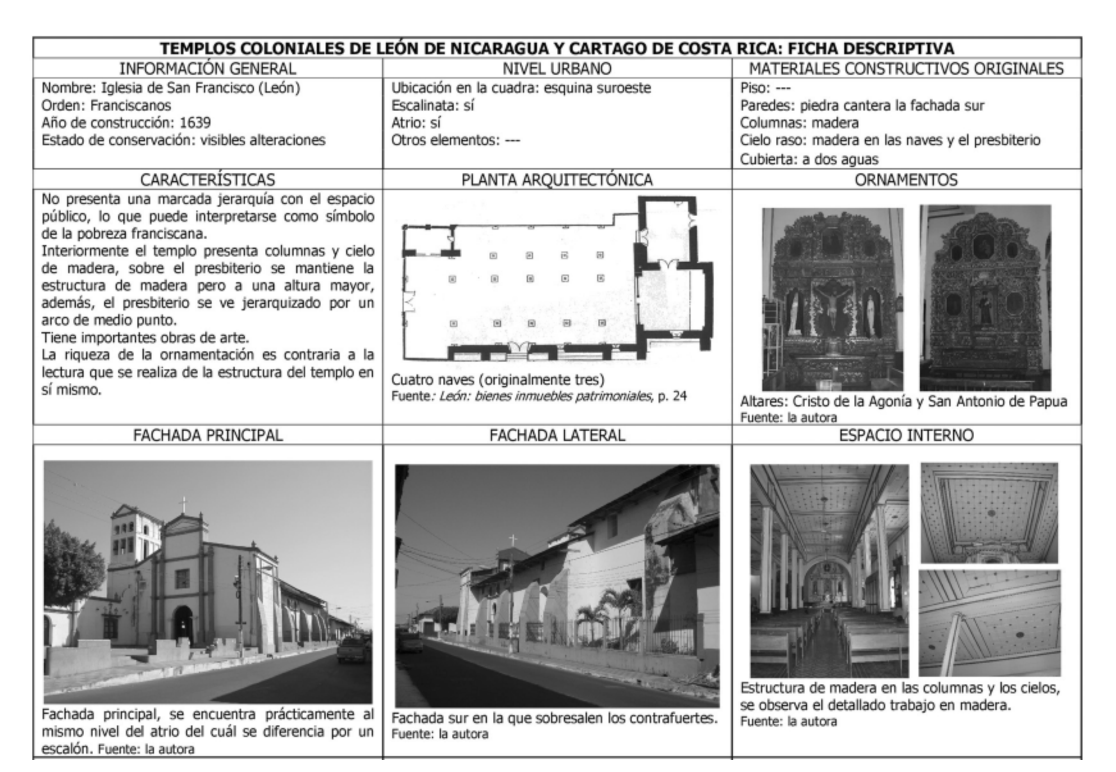
Análisis de las edificaciones franciscanas

Iglesia de San Francisco (León)

En la ciudad de León la orden franciscana construyó una iglesia y un convento, actualmente solamente se conserva la iglesia que ha sido sensiblemente alterada principalmente en su aspecto exterior.[4] El conjunto ocupaba la mitad occidental de la cuadra donde actualmente se ubica la iglesia, data del año 1639 y fue erigido por Fray Pedro de Zúñiga. La iglesia, que aún existe, tenía una planta original de tres naves y presbiterio, que fue modificada cuando se le agregó una cuarta nave que rompió con la simetría. La torre con el campanario también se construyó posteriormente.

La pobreza, uno de los votos de la orden, se refleja en su exterior, en la estructura interna de madera y en el nivel de piso que se mantiene entre el atrio y la iglesia, sin embargo, la ornamentación es barroca.

Sobre los objetivos de la orden, la predicación se ve reflejada en los ornamentos que son los más elaborados, de influencia barroca como los altares por ejemplo. La oración y la ascesis se reflejan en la sencillez del diseño interior que busca crear un ambiente de recogimiento (figura 4).



TEMPLOS COLONIALES DE LEÓN DE NICARAGUA Y CARTAGO DE COSTA RICA: FICHA DESCRIPTIVA		
INFORMACIÓN GENERAL	NIVEL URBANO	MATERIALES CONSTRUCTIVOS ORIGINALES
Nombre: Iglesia de San Francisco (León) Orden: Franciscanos Año de construcción: 1639 Estado de conservación: visibles alteraciones	Ubicación en la cuadra: esquina suroeste Escalinata: sí Atrio: sí Otros elementos: ---	Piso: --- Paredes: piedra cantera la fachada sur Columnas: madera Cielo raso: madera en las naves y el presbiterio Cubierta: a dos aguas
CARACTERÍSTICAS	PLANTA ARQUITECTÓNICA	ORNAMENTOS
No presenta una marcada jerarquía con el espacio público, lo que puede interpretarse como símbolo de la pobreza franciscana. Interiormente el templo presenta columnas y cielo de madera, sobre el presbiterio se mantiene la estructura de madera pero a una altura mayor, además, el presbiterio se ve jerarquizado por un arco de medio punto. Tiene importantes obras de arte. La riqueza de la ornamentación es contraria a la lectura que se realiza de la estructura del templo en sí mismo.	Cuatro naves (originalmente tres) Fuente: *León: bienes inmuebles patrimoniales*, p. 24	Altares: Cristo de la Agonía y San Antonio de Papua Fuente: la autora
FACHADA PRINCIPAL	FACHADA LATERAL	ESPACIO INTERNO
Fachada principal, se encuentra prácticamente al mismo nivel del atrio del cuál se diferencia por un escalón. Fuente: la autora	Fachada sur en la que sobresalen los contrafuertes. Fuente: la autora	Estructura de madera en las columnas y los cielos, se observa el detallado trabajo en madera. Fuente: la autora

Figura 4
Iglesia de San Francisco en León de Nicaragua, ficha descriptiva. Elaboración propia

Convento de San Francisco (León)

Sobre esta edificación no existen mayores detalles, se conoce que su fundación data de la misma fecha de la iglesia de San Francisco, es decir, del año 1639. Esta edificación fue demolida en la década de 1960, en la década de 1990 se construyó en su sitio el actual hotel El Convento que busca reconstruir la estructura original del anterior convento franciscano.

Según el actual hotel, el convento consistía en un patio central, rodeado de los aposentos que se comunicaban mediante un corredor que bordeaba el patio. Si bien no existen detalles sobre su diseño interior, Nicolás Buitrago (1998, 1:85) indica que el convento contaba con alhajas de plata que reflejan la «…la obra material y eminentemente artística de estos frailes…». Por lo tanto, se infiere que con el convento sucedía lo mismo que con la iglesia: la contraposición de un diseño exterior e interior sencillo y una ornamentación suntuosa.

De los votos de la orden, la pobreza se refleja en el diseño austero de las fachadas. De los objetivos de la orden, la oración y la ascesis se muestran en el diseño sencillo y separado del espacio urbano mediante un muro.

Convento de Ujarrás (Cartago)

Los franciscanos se establecieron en Ujarrás desde el siglo XVI, no obstante, el templo actual empezó a construirse en 1681. El conjunto estaba compuesto por la iglesia, la sacristía, el claustro y la oficina para el doctrinero (Fonseca y Barascout 1998, 126). Actualmente solamente se conservan los restos de la iglesia en los que se observa el atrio, espacio de transición entre el templo y el espacio urbano. La planta es de tres cuerpos, el presbiterio se jerarquiza mediante un arco y un cambio de nivel, las bases de las columnas son de piedra, y se cree que los cielos eran de madera artesonada (Fonseca y Barascout 1998, 127). Se observa que la iglesia está al mismo nivel del atrio, no hay mayor jerarquía espacial, elemento que al igual que en la iglesia de San Francisco en León, se puede interpretar como un símbolo de los votos de pobreza de los frailes.

La fachada principal es de tres cuerpos, de evidente influencia renacentista, el primer cuerpo tiene la puerta principal con un remate de un arco de medio punto, en el segundo cuerpo se encuentran dos óculos renacentistas que a la vez funcionaban como ventanas para el coro, el tercer cuerpo presenta una espadaña rematada en sus extremos por dos pináculos. Las características de las fachadas, especialmente de la principal con su riqueza estilística, no se ajustan a la sencillez que debería expresar un templo franciscano según sus votos de pobreza, no obstante, según explica Manuel Benavides (2005, 112), la riqueza del templo no se debía al pueblo, era la cofradía la que contaba con los fondos necesarios para mantener el templo y dotarla de valiosos ornamentos.

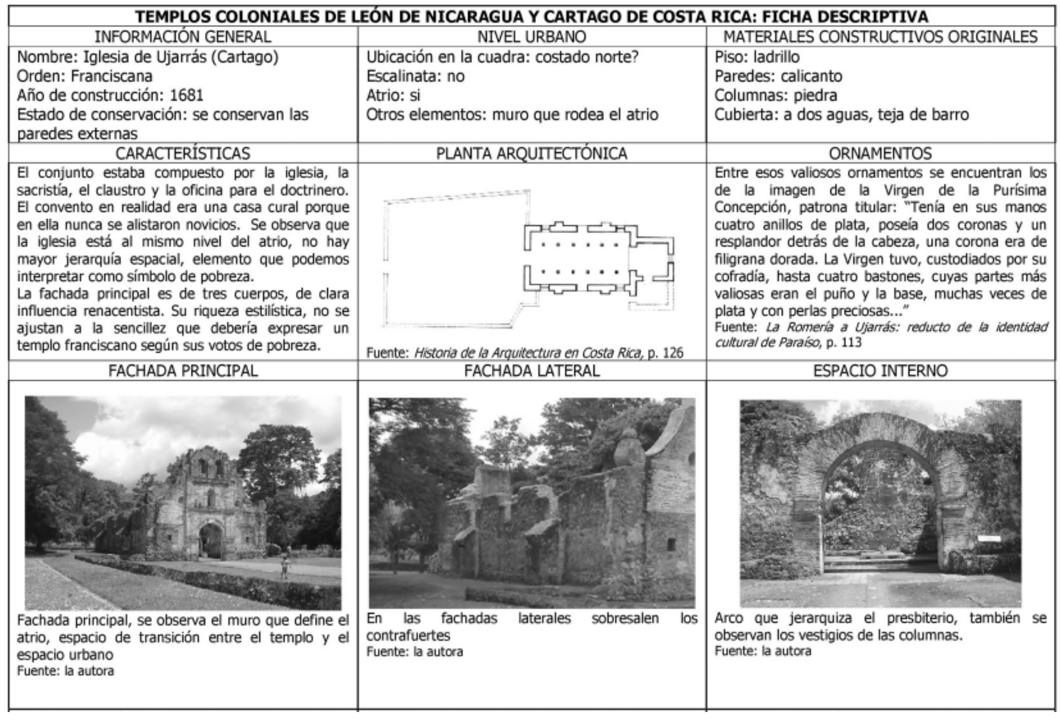
Sobre el convento, del cual no se conservan restos, Eladio Prado (1983, 280–81) presenta un inventario del año 1792, indica que el convento en realidad era una casa cural porque en ella nunca se alistaron novicios. Según el inventario, contaba con lo mínimo para la supervivencia de los religiosos, lo que corresponde a los objetivos de oración y ascesis de la orden (figura 5).

Convento de San Francisco (Cartago)

Desde el momento de su llegada a Cartago, los Franciscanos han estado en la misma cuadra del centro de Cartago donde se ubican actualmente, Carmela Velázquez (2004a, 160) indica que ya en los mapas de Cartago de 1608 se menciona el asiento de la congregación al sur de la parroquia, en la llamada Calle de San Francisco. En 1588 había una iglesia y un convento de adobes y techos de paja, sin embargo, de estas edificaciones no queda ningún registro. En 1693 el edificio se encontraba muy deteriorado, por lo que se demolió para construir en su lugar el que se analiza en este trabajo.

El templo tenía una planta de tres naves, muros de piedra, techos de teja. En cuanto a jerarquías, Fonseca y Barascout (1998, 115) indican que la sección del presbiterio era de mayor altura. La fachada era de tres cuerpos, el primero tenía la puerta de ingreso principal rematada con arco de medio punto, el segundo cuerpo consistía en una logia, elemento que solamente aparece en esta iglesia, y que también encontramos en las modificaciones realizadas a la iglesia de San Francisco en León, el tercer cuerpo era un frontón.

Según estas descripciones el diseño de la edificación era austero, el elemento que sobresalía era la logia. Se desconoce si había algún cambio de nivel im-



TEMPLOS COLONIALES DE LEÓN DE NICARAGUA Y CARTAGO DE COSTA RICA: FICHA DESCRIPTIVA		
INFORMACIÓN GENERAL	NIVEL URBANO	MATERIALES CONSTRUCTIVOS ORIGINALES
Nombre: Iglesia de Ujarrás (Cartago) Orden: Franciscana Año de construcción: 1681 Estado de conservación: se conservan las paredes externas	Ubicación en la cuadra: costado norte? Escalinata: no Atrio: si Otros elementos: muro que rodea el atrio	Piso: ladrillo Paredes: calicanto Columnas: piedra Cubierta: a dos aguas, teja de barro
CARACTERÍSTICAS	PLANTA ARQUITECTÓNICA	ORNAMENTOS
El conjunto estaba compuesto por la iglesia, la sacristía, el claustro y la oficina para el doctrinero. El convento en realidad era una casa cural porque en ella nunca se alistaron novicios. Se observa que la iglesia está al mismo nivel del atrio, no hay mayor jerarquía espacial, elemento que podemos interpretar como símbolo de pobreza. La fachada principal es de tres cuerpos, de clara influencia renacentista. Su riqueza estilística, no se ajustan a la sencillez que debería expresar un templo franciscano según sus votos de pobreza.	Fuente: *Historia de la Arquitectura en Costa Rica*, p. 126	Entre esos valiosos ornamentos se encuentran los de la imagen de la Virgen de la Purísima Concepción, patrona titular: "Tenía en sus manos cuatro anillos de plata, poseía dos coronas y un resplandor detrás de la cabeza, una corona era de filigrana dorada. La Virgen tuvo, custodiados por su cofradía, hasta cuatro bastones, cuyas partes más valiosas eran el puño y la base, muchas veces de plata y con perlas preciosas..." Fuente: *La Romería a Ujarrás: reducto de la identidad cultural de Paraíso*, p. 113
FACHADA PRINCIPAL	FACHADA LATERAL	ESPACIO INTERNO
Fachada principal, se observa el muro que define el atrio, espacio de transición entre el templo y el espacio urbano Fuente: la autora	En las fachadas laterales sobresalen los contrafuertes Fuente: la autora	Arco que jerarquiza el presbiterio, también se observan los vestigios de las columnas. Fuente: la autora

Figura 5
Convento de Ujarrás, Cartago, ficha descriptiva. Elaboración propia

portante entre la iglesia, el atrio y el espacio público, sin embargo, en los tres templos que han sido construidos después del estudiado se ha mantenido el nivel del espacio público, siendo la diferencia entre templo y atrio, y entre atrio y espacio urbano de un escalón.[5] La sencillez de las fachadas del convento reafirma su condición de espacio para la oración que permita lograr la ascesis.

Convento de La Soledad (Cartago)

La iglesia de La Soledad fue construida a inicios del siglo XVII, pero en 1741 se le entrega a los franciscanos recoletos en donación, inmediatamente los frailes adquirieron el solar adjunto a la iglesia para construir un convento. Estas instalaciones fueron el centro de operaciones de las misiones de Talamanca. Eladio Prado (1983, 117) indica que «Pocas novedades nos ofrece el convento de Recoletos de Cartago; no sería más que un lugar de tránsito o de descanso.» Esto sugiere que se trata de un diseño austero, acorde con los votos realizados por los frailes, además, adecuado para la oración y la ascesis.

En el Álbum de Figueroa se encuentra una imagen sobre este convento (Fonseca y Barascout 1998, 116), efectivamente se nota la sencillez del diseño, se observa que es de patio central, y se comunica con el templo de La Soledad mediante una puerta coronada con un arco de medio punto. Esta imagen indica que la planta de este convento era de patio central, similar a la del convento de San Francisco ubicado en la misma ciudad.

Convento de Orosi (Cartago)

El convento de Orosi data de mediados del siglo XVIII, su construcción se concluyó en el año 1766. Es una edificación de tipo misión, integra el convento y la iglesia mediante un corredor. El conjunto es

de patio central, al costado sur se encontraba el cementerio. La planta de la iglesia es de tres naves, tiene dos capillas en su costado sur, cuenta con una torre que funciona como campanario. En su interior el presbiterio se distingue del resto de la edificación solamente por dos escalones, no hay cambio en el cielo raso que se mantiene igual que en las naves: de madera artesonada a dos aguas.

La edificación tampoco presenta un cambio de nivel significativo, la iglesia prácticamente se mantiene a la misma altura que el atrio, mientras que el convento está elevado a la altura de dos escalones. Las fachadas tanto de la iglesia como del convento son austeras, la fachada principal de la iglesia es de un cuerpo con la puerta de acceso coronada por un arco de medio punto, la cubierta es a dos aguas. Las fachadas del convento también son austeras. Todos estos elementos reflejan la sencillez de un convento de misión de una orden con votos de pobreza.

Sobre la austeridad Ángela Camargo (1980, 8) expresa que: «Las gruesas paredes de adobe y la sencillez de su línea arquitectónica le dan al templo un aspecto humilde y sobrio.» No obstante, esa humildad y sobriedad de la estructura contrasta con la decoración y ornamentación, dentro de la iglesia se encuentran valiosas obras de arte, entre estos se cuentan retablos, imágenes religiosas, pinturas, objetos para el culto, entre otros. Estas piezas le imprimen al interior del templo y el convento un ambiente barroco, a la vez, estas piezas artísticas son un medio para la predicación (figura 6).

Análisis de las edificaciones dominicas

Convento de Santo Domingo (León Viejo)

En el caso de los dominicos solamente se encuentran referencias al convento que construyeron en



TEMPLOS COLONIALES DE LEÓN DE NICARAGUA Y CARTAGO DE COSTA RICA: FICHA DESCRIPTIVA		
INFORMACIÓN GENERAL	NIVEL URBANO	MATERIALES CONSTRUCTIVOS ORIGINALES
Nombre: Convento de Orosi (Cartago) Orden: Franciscanos Año de construcción: 1756 Estado de conservación: bueno	Ubicación en la cuadra: cuadra completa Escalinata: no Atrio: sí Otros elementos: ---	Piso: ladrillo Paredes: adobe y mampostería de ladrillo Columnas: madera de guachipelín Cubierta: a dos aguas, teja de barro
CARACTERÍSTICAS	PLANTA ARQUITECTÓNICA	ORNAMENTOS
Es una edificación de tipo misión, integra el convento y la iglesia mediante un corredor. El conjunto es de patio central, al costado sur se encontraba el cementerio. En su interior el presbiterio se distingue del resto de la edificación solamente por dos escalones, no hay cambio en el cielo raso que se mantiene igual que en las naves: de madera artesonada a dos aguas. La edificación tampoco presenta un cambio de nivel significativo, la iglesia prácticamente se mantiene a la misma altura que el atrio, mientras que el convento está elevado a la altura de dos escalones. Las fachadas tanto de la iglesia como del convento son austeras. Todos estos elementos reflejan la sencillez de un convento de misión de una orden con votos de pobreza.	Iglesia y Convento Fuente: *Historia de la Arquitectura en Costa Rica*, p. 125	Retablo principal. Fuente: la autora
FACHADA PRINCIPAL	FACHADA LATERAL	ESPACIO INTERNO
Fachada de la Iglesia Fuente: la autora	El convento Fuente: la autora	Interior de la iglesia de Orosi Fuente: la autora

Figura 6
Convento de Orosi, Cartago, ficha descriptiva. Elaboración propia

León Viejo, en fuentes secundarias hay referencias que permiten generar una idea de la forma de construir de los primeros dominicos que se asentaron en Nicaragua.

Según Jorge Eduardo Arellano (1999, 14), en 1529 ya existía en León el convento de Santo Domingo, la edificación posiblemente era de barro y caña, precisamente Arellano plantea que León Viejo pasa por tres etapas constructivas, la primera corresponde al período 1524 a 1530 cuando se usan materiales de la zona como el barro y la caña, la segunda va de 1530 a 1534 y consiste en una avance constructivo ya que se empieza a edificar en el sistema de tapial,[6] en la tercera etapa que se ubica entre 1535 y 1550 se introducen el ladrillo y la teja.

Edgar Zúñiga (1996, 28) confirma que sobre este templo no hay mayores detalles, pero lo define como un «conventito», lo que nos sugiere que el mismo no sería ostentoso, también hay que considerar que el mismo cierra en 1555, por lo tanto tuvo una vida efímera, lo que posiblemente influyó para que no se construyera algo más elaborado. Sin embargo, la arquitectura dominica es sencilla, acorde con los votos de pobreza de la orden, además así propicia la oración y la ascesis, por lo tanto, línea que siguió el convento de León.

Análisis de las edificaciones mercedarias

Iglesia de La Merced (León Viejo)

Los mercedarios llegan a León Viejo en 1528 bajo el mando de Fray Francisco de Bobadilla. El primer convento era de paja según lo indica Zúñiga (1996, 27), este se quemó y fue reedificado con cubierta de teja y con el sistema constructivo de tapial a partir del año 1530. En 1542 la iglesia tenía una planta rectangular de tres naves, el altar mayor se diferencia del resto de la edificación por una escalinata, lo que le da jerarquía. Desconocemos si la iglesia tenía escalinata que la jerarquizara respecto al espacio público, lo más probable es que así sea, actualmente se accede a la misma mediante un escalón. Sin embargo, el ingreso se encuentra claramente jerarquizado por lo que parecen ser los vestigios de dos contrafuertes que enmarcan el acceso. Sobre la ornamentación de la iglesia no tenemos mayores detalles, solamente la siguiente nota: «…tenía buenos ornamentos gracias a los esfuerzos de los padres Mercedarios.» (Instituto Nicaragüense de Cultura 2005, 11). No obstante, aunque los mercedarios hacían votos de pobreza, no eran orden mendicante, por lo tanto es de entender que sus templos tuvieran una buena dotación.

Convento de La Merced (León Viejo)

El convento se funda en 1528 al igual que la iglesia, Arellano menciona que se trataba de una pequeña choza de paja. Al igual que la iglesia, en 1530 el convento se construye en el sistema tapial, y en 1539 se reedifica en piedra, ladrillo y teja. La planta es rectangular, con divisiones internas. Su puerta de acceso es angosta y conduce a un patio interno. El convento contaba con pequeñas celdas para los frailes, y junto al ingreso hay un pequeño aposento que aparentemente era para vigilancia. El convento contaba con una pequeña capilla en la que encontramos el único cambio de nivel dentro de la edificación, al parecer jerarquiza el altar. El ingreso al convento no presenta jerarquización alguna.

Iglesia de La Merced (León)

Desde el momento en que León se instaura en su nuevo y actual asentamiento, (Buitrago Matus 1998, 1:121) los mercedarios construyen su iglesia y convento, según Nicolás Buitrago ya en 1662 existían ambas edificaciones, sin embargo, fueron quemadas por los piratas en 1685. En 1751 Morel de Santa Cruz (1967, 14) se refiere a la iglesia de La Merced de la siguiente forma: «…tres naves sobre horcones, paredes de adobes, techos de teja y de mediana capacidad… sus coros altos, sacristías, claustros, celdas y oficinas bajas de la misma materia…» Además indica que contaba con cuatro altares. Esta descripción indica que el templo y convento del nuevo asentamiento eran similares a los construidos en León Viejo, sencillas estructuras de adobes.

Este templo y el convento fueron demolidos en el año 1762 para construir la iglesia actual, obra que estuvo a cargo del maestro Pascual Somarriba a partir de los planos elaborados por el fraile mercedario Pedro de Ávila (Arellano 1994, 28). Contiguo a la iglesia se construyó el convento que fue demolido a me-

diados del siglo XX, y del cual no hay registro de sus detalles.

La actual iglesia de La Merced tiene una planta de tres naves, la torre-campanario tiene la particularidad de estar separada de la edificación principal. Respecto al espacio urbano, existe un atrio que funciona como transición, sin embargo, no hay escalinata que jerarquice dicho espacio, solamente un leve cambio de nivel. Interiormente el templo cuenta con cielo de madera en dos niveles, jerarquizando la nave central, la cubierta es a dos aguas. Sobre el presbiterio la cubierta cambia, hay una bóveda de cañón que junto con la escalinata que lleva al altar, jerarquizan este espacio. Exteriormente, la iglesia tiene una fachada principal de tres cuerpos con influencia barroca, la fachada es plana, sin embargo, sobresale el elaborado marco de la puerta. La torre también es de tres cuerpos, la puerta de acceso presenta un frontón, lo que denota influencia neoclásica (figura 7).

Conclusiones

El análisis permite observar que en el caso de los franciscanos la pobreza siempre está presente en sus edificaciones que son austeras, en algunos casos se da un contraste porque se encuentra ornamentación de influencia barroca. Sin embargo, esta ornamentación tiene una función: mostrar las enseñanzas bíblicas que debe transmitir la orden como parte de sus objetivos de predicación. En cuanto a las plantas, en el caso de las iglesias siempre se trata de plantas de tres naves, los conventos son de patio central. Las fachadas, aunque lleguen a tener tres cuerpos en el caso de las iglesias, son austeras. La excepción la constituye la iglesia de Ujarrás que presenta una fachada de influencia renacentista. En ninguna de las iglesias hay presencia de bóvedas en el presbiterio, siempre se mantiene la estructura de madera de la nave, aunque en ocasiones hay un cambio en el nivel de la cubierta que jerarquiza. En cuanto a la relación



TEMPLOS COLONIALES DE LEÓN DE NICARAGUA Y CARTAGO DE COSTA RICA: FICHA DESCRIPTIVA		
INFORMACIÓN GENERAL	NIVEL URBANO	MATERIALES CONSTRUCTIVOS ORIGINALES
Nombre: Iglesia de La Merced (León) Orden: Mercedarios Año de construcción: 1 Estado de conservación: bueno	Ubicación en la cuadra: esquina suroeste Escalinata: no Atrio: sí Otros elementos: ---	Piso: mosaico (actualmente) Paredes: piedra y ladrillo Columnas: madera Cubierta: en las naves de madera y en el altar bóveda de cañón
CARACTERÍSTICAS	PLANTA ARQUITECTÓNICA	ORNAMENTOS
La torre-campanario tiene la particularidad de estar separada de la edificación principal. Respecto al espacio urbano, existe un atrio que funciona como transición, sin embargo, no hay escalinata que jerarquice dicho espacio, solamente un leve cambio de nivel. Interiormente el templo cuenta con cielo de madera en dos niveles, jerarquizando la nave central, la cubierta es a dos aguas. Sobre el presbiterio la cubierta cambia, encontramos una bóveda de cañón que junto con la escalinata que lleva al altar, jerarquizan este espacio.	Tres naves y torre-campanario separada Fuente: *León: bienes inmuebles patrimoniales*, p. 28	Pinturas de la bóveda del altar y detalle de zapatas de las columnas con motivos de la orden Foto: Rosa Elena Malavassi
FACHADA PRINCIPAL	FACHADA LATERAL	ESPACIO INTERNO
Fachada principal, se observa la torre separada del cuerpo de la iglesia, y el acceso a la torre Foto: Rosa Elena Malavassi	Fachada sur y detalle de la puerta de la misma fachada Foto: Rosa Elena Malavassi	Vista hacia el coro Foto: Rosa Elena Malavassi

Figura 7
Iglesia de La Merced, León, ficha descriptiva. Elaboración propia

de las edificaciones con el espacio urbano, ninguna presenta algún cambio de nivel importante que les dé jerarquía, todas las iglesias presentan atrio.

En el caso de los dominicos, a pesar de la escasa información a la que se tuvo acceso, todo parece indicar que reflejan la pobreza en sus construcciones. Se debe dar continuidad a las excavaciones para tener una aproximación al diseño de su planta que permita conocer la relación de esta edificación con el espacio urbano.

En los mercedarios se nota una importante diferencia entre sus construcciones en León Viejo, y las de León actual. La iglesia y el convento de León Viejo eran construcciones austeras, que reflejan la pobreza de la congregación, sin embargo, en el nuevo asentamiento de León se levanta una iglesia con una importante riqueza estilística, lo que demuestra que en esta orden no prima sobre sus diseños los votos realizados, al contrario, todo parece indicar que las condiciones económicas y de acceso a materiales condicionan los diseños. En cuanto a la redención, razón de ser de la orden, la austeridad de las edificaciones en León Viejo invita a esa redención, en el caso del templo actual, los medallones de la fachada transmiten un mensaje en esta misma línea.

Es importante resaltar la aplicación del análisis de contenido a fuentes no escritas, en este caso edificaciones religiosas, se plantea la necesidad de ahondar sobre esta forma de estudiar una edificación. A futuro se debe revisar esta propuesta para incluir otras fuentes indispensables en esta investigación, por ejemplo, las visitas pastorales y los inventarios de las iglesias y conventos.

Sobre el contenido del trabajo, para el caso de Nicaragua y Costa Rica los resultados permiten afirmar que, si bien es claro que las condiciones del lugar influyen en cuanto a la disposición de materiales, las órdenes mendicantes suelen mantener ciertas líneas estilísticas que evocan la pobreza que debe caracterizar a la orden, los franciscanos son un buen ejemplo. En el caso de los mercedarios, al no ser orden mendicante, se nota una mayor complejidad en sus edificaciones.

Notas

1. Desde el punto de vista de la administración religiosa secular, León Viejo, León y Cartago formaron parte de la Diócesis de Nicaragua y Costa Rica Hasta 1850, desde el punto de vista administrativo religioso, Costa Rica perteneció a la Diócesis de León de Nicaragua. Para ampliar al respecto consultar: (Velázquez Bonilla 2004b).
2. Duverger (1977) indica que los documentos a analizar en esta categoría pueden ser revistas ilustradas, películas, teatro radiofónico, dibujos y caricaturas, pintura, música, entre otros. En esta investigación se considera que la arquitectura también es un elemento no gramatical.
3. Un monasterio es el espacio vital de una comunidad de monjes que son religiosos dedicados a la vida contemplativa, permanecen dentro del recinto monástico de por vida. Un convento es el lugar donde habitan las órdenes no monásticas, por ejemplo las mendicantes.
4. Existe información sobre la imagen original de la iglesia en la publicación de Jorge Eduardo Arellano (1994, 24) y en Archivo Diocesano de León, serie Bienes Eclesiásticos, caja 1, fólder 8, sin foliar, 20 de diciembre de 1870.
5. Para ampliar sobre los conventos franciscanos construidos en 1841 y en 1910 consultar el libro de Jesús Mata Gamboa (1999, 191–202).
6. El tapial es un sistema constructivo que consiste en mezclar tierra con un material compactador, por ejemplo, la cal.

Lista de referencias

Abad Pérez, Antolín. 1992. *Los Franciscanos en América, Colecciones MAPFRE 1492*. Madrid: MAPFRE.

Arellano, Jorge Eduardo. 1994. *León: bienes inmuebles patrimoniales (catálogo de su centro histórico).* Managua, Nicaragua: Instituto Nicaragüense de Cultura, Organización de Estados Americanos.

——. 1999. «Vida y muerte de León Viejo». *Boletín nicaragüense de bibliografía y documentación*, nº 103: 11–19.

Benavides, Manuel. 2005. *La Romería a Ujarrás: reducto de la identidad cultural de Paraíso*. San José, Costa Rica: Ediciones Santa María.

Borges, Pedro. 1992. *Religiosos en Hispanoamérica, Colecciones MAPFRE 1492*. Madrid: MAPFRE.

Buitrago Matus, Nicolás. 1998. *León: La Sombra de Pedrarias.* Vol. 1. Managua, Nicaragua: Fundación Ortiz Gurdián.

Camargo, Angela. 1980. *Orosi.* México: Litógrafos Unidos S.A.

Collins, Michael, y Matthew Price. 2000. *Historia del Cristianismo*. Traducido por Remedios Diéguez Diéguez, Jorge González Batlle, y Cristina Rodríguez Castillo. Barcelona: Blume.

Duverger, Maurice. 1977. «La Técnica del Análisis de Contenido». En *Técnicas de investigación social,* editado por Napoleón Chow, 285–311. San José, Costa Rica: EDUCA.

Fonseca, Elizabeth, y Enrique Barascout. 1998. «Historia de la arquitectura colonial». En *Historia de la Arquitectura en Costa Rica*, 81–150. San José, Costa Rica: Fundación Museos del Banco Central.

Hernández Méndez, Rodolfo, y Lucky Ramírez Juárez. 2000. *La orden de los Dominicos en el reino de Guatemala, 1535–1700*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigaciones, Escuela de Historia, Instituto de Investigaciones Históricas, Antropológicas y Arqueológicas.

Instituto Nicaragüense de Cultura. 2005. *Guía del sitio histórico Ruinas de León Viejo. Una visita hacia el pasado colonial*. Nicaragua: Editorial Acento.

Mata Gamboa, Jesús. 1999. *Monografía de Cartago*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica.

Medina, Miguel Ángel. 1992. *Los Dominicos en América. Presencia y actuación de los dominicos en la América colonial española de los siglos XVI–XIX, Colecciones MAPFRE 1492*. Madrid: MAPFRE.

Morel de Santa Cruz, Pedro Agustín. 1967. «Documento Antiguo. Visita apostólica, topográfica, histórica y estadística de todos los pueblos de Nicaragua y Costa Rica, hecha por el Ilustrísimo Señor don Pedro Agustín Morel de Santa Cruz, Obispo de la Diócesis en 1751 y elevada al conocimiento de S.M». *Revista Conservadora*, n.o 82.

Prado, Eladio. 1983. *La Orden Franciscana en Costa Rica.* 2.aed. San José, Costa Rica: Editorial Costa Rica.

Quesada Avendaño, Florencia. 2011. *La modernización entre cafetales*. San José, 1880–1930. San José, Costa Rica: Editorial UCR.

Sanou Alfaro, Ofelia. 1994. «La conformación de la parroquia regular de la diócesis de Guatemala de sus villas y la arquitectura eclesiástica». San José, Costa Rica.

Velázquez Bonilla, Carmela. 2004a. «El sentimiento religioso y sus prácticas en la Diócesis de Nicaragua y Costa Rica, siglos XVII y XVIII». Tesis Doctorado en Historia, Universidad de Costa Rica.

——. 2004b. «La Diócesis de Nicaragua y Costa Rica: su conformación y sus conflictos, 1531–1850». *Revista de Historia*, nº 49–50: 245–86.

Zúñiga, Edgar. 1996. *Historia eclesiástica de Nicaragua*. 2.aed. Managua, Nicaragua: Hispamer.

Sistemas constructivos del exconvento dominico de Cuilapan de Guerrero, Oaxaca

Raquel Mancera Sánchez

El exconvento de Cuilapan, como muchos del siglo XVI que se construyeron en la Nueva España, conserva el programa arquitectónico, técnicas constructivas y ornamentos propios de los monasterios medievales europeos. Sin embargo, para la arquitectura novohispana, la necesidad de evangelización de la población indígena requirió que los conventos contarán con una capilla abierta y un gran atrio ubicado al norte, ambos elementos representativos de la arquitectura fundacional eclesiástica.

El exconvento de Santiago Apóstol de Cuilapan de Guerrero fue declarado monumento histórico el 9 de enero de 1934 y entregado a la oficina de monumentos coloniales el 10 de julio de 1937 para su conservación y vigilancia; es desde esa fecha que el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) tiene la custodia de este patrimonio inmueble; siendo el encargado de salvaguardar la conservación y supervisar las intervenciones que se realicen en el inmueble y sus alrededores.

La arquitectura del siglo XVI en la Nueva España y la presencia de los dominicos en Oaxaca

La construcción de conventos en la Nueva España fue fundamental para la evangelización de los pueblos de indios. En ocasiones, los conventos se construyeron como misiones de paso, para facilitar la comunicación entre los centros urbanos más importantes. Según la ordenanza del 4 de marzo de 1561 expedida por Felipe II, la distancia entre cada uno de los conventos no debía de ser mayor a 6 leguas. A diferencia de Europa, los conventos novohispanos, además de ser residencia de los frailes, también se construyeron con un sentido de servicio social para ayudar a la labor misionera; esta vocación se trasladó al partido arquitectónico:

Las partes fundamentales de la composición de un monasterio mexicano del siglo XVI son la iglesia, el atrio y el convento… El atrio alcanzaba enormes superficies y se extendía generalmente fuera de la iglesia prolongando su eje, y en él se situaban la capilla abierta, las posas y una cruz. El convento con sus múltiples funciones, se levantaba al costado sur de la iglesia, aunque, en ocasiones… estaba al norte del templo. El conjunto se complementaba con la huerta, en la parte posterior del convento. (Piña 2013, 15).

Hubo tres órdenes mendicantes que ocuparon la Nueva España, los dominicos llegaron en 1526, encabezados por el fraile Domingo de Betanzos; durante el siglo XVI, mientras las ordenes mendicantes eran un actor esencial para la fundación del urbanismo novohispano, los dominicos se movilizaron al sur de la Nueva España, fundando misiones en zonas densamente pobladas donde pudieran construir establecimientos que comunicaran entre cada misión.

Entre 1526 y 1530, fueron pocas las misiones fundadas, pues fray Betanzos determino que sólo se fundarían 12 conventos, sin embargo la actividad de los mendicantes dominicos los obligó a construir conventos como posadas; antes de iniciar su labor evan-

gelizadora en Oaxaca, los dominico habían trazado una ruta que daba principio en la Ciudad de México y continuaba al sur, extendiéndose en los Valles Centrales y la región mixteca–zapoteca y que concluía en Guatemala.

En 1535 se creó el obispado de Oaxaca, favoreciendo la permanencia del clero regular para la evangelización indígena y estableciéndose en diferentes sitios dado que eran bien aceptados por las comunidades.

El convento de Cuilapan se construyó como una estancia de paso, según Kubler, los dominicos tuvieron una actividad constructora registrada de 1560 a 1590; «… fray Domingo de Aguiñaga… fundó y supervisó la construcción de la misión en el pueblo de Cuilapan, Oaxaca hacia 1555… el maestro de obras fue un hermano lego llamado Antonio Barboso…» (Kubler 2012,180), a este último se le atribuyen el diseño arquitectónico, principalmente por algunos detalles que muestran la influencia de un constructor portugués:

> … La presencia de influencia de la arquitectura portuguesa del templo mudéjar de tres naves quedó manifiesta en las obras de los canteros lucitanos, como la que dejó Diego Díaz en el Templo del Hospital de Jesús, o Antonio Barbosa en el de Cuilapan, Oaxaca. (Olvera y Reyes 2004, 44, vol.2).

Para 1595 se fundó la provincia dominica, independiente de la provincia de México, llamada San Hipólito Mártir; debido a los conflictos entre regulares y seglares, los dominios y beneficios de las provincias se vieron reducidos desde los últimos años del siglo XVI, el conflicto continúo hasta 1749 cuando por:

> Cédula Real… se ordenaba que el clero secular tomará posesión de las parroquias de los frailes, disposición que no se llevo a cabo sino hasta 1753… las iglesias se multiplicaron … ya que los curas no aceptaron utilizar las iglesias conventuales como parroquias… (Martínez 1998,10).

Estos hechos ocasionaron el abandono de los conjuntos conventuales; en algunos casos, más afortunados, la disminución de uso; lo que provoco el deterioro constante y la pérdida de la arquitectura novohispana.

Análisis histórico arquitectónico del exconvento de Santiago Apóstol de Cuilapan de Guerrero

El partido arquitectónico del convento de Cuilapan de Guerrero es excepcional en la arquitectura novohispana mexicana, principalmente: por la capilla abierta, adosada a la capilla de tres naves, de la cual actualmente sólo se conserva la arcada oriente; por los muros perimetrales y la fachada; porque hacía el poniente hay vestigios de los arranques de las columnas centrales, aunque solo se conservan las columnas de los extremos.

A diferencia de otros conventos novohispanos del siglo XVI, la capilla abierta no se aprecia de primera intención e incluso puede llegar a confundirse con la capilla de tres naves, elemento poco común en la arquitectura novohispana:

> En Cuilapan existió capilla abierta con su nave descubierta y más tarde, durante el siglo XVI se edificó la planta basilical, encima de la explanada de la nave descubierta (Artigas 2010,142).

En este caso, Artigas se refiere a la capilla de tres naves como la planta basilical (figura 1).

De acuerdo con Artigas, se han unido dos etapas constructivas, evidentes en la colocación de la arquería renacentista sobre las molduras de estilo gotizante del alfiz de la capilla abierta:

Demuestran lo anterior los restos de las molduras verticales de un alfiz, situados en la actualidad en el muro superior del arco del presbiterio, sobre las dos filas de columnas de la planta basilical… también puede observarse que las hileras de columnas y sus arcos están sobrepuestos a la fachada del frente de la capilla abierta, y que no están sujetos con adarajas, como lo hubieran estado de haber sido simultáneas las dos construcciones … En Cuilapan no se debe confundir la capilla abierta con la planta de tres naves, pues son dos edificios distintos que en definitiva resultaron sobre puestos (Artigas 2010,38).

A diferencia de otras capillas abiertas de la zona, ésta no pareciera abrirse hacia el atrio; más bien se integra al templo, lo que reafirma la sobre posición que menciona Artigas.

Sin embargo, Drewes comenta que Richard Robert ha considerado a la capilla de las tres naves, o basílica, como capilla abierta:



Figura 1
Vista de la fachada renacentista de la planta basilical. Al fondo se observa el muro del presbiterio de la Capilla Abierta, que actualmente está tapiado (fotografía del año 2016 tomada por Raquel Mancera Sánchez).



Figura 2
Detalle del muro que separa la capilla abierta de la capilla de las tres naves, donde además se observan las arcadas del lado oriente y los vestigios del lado poniente. (Fotografía del año 2016 tomada por Raquel Mancera Sánchez).

> Es una estructura estrecha y alargada, cuyos vanos laterales han llevado a Richard a la idea de que hubiese sido una capilla abierta en forma basilical, argumento para el cual el investigador se apoyó en el texto del cronista Francisco Burgoa. La idea de que fuese una capilla abierta parece justificarse por la ubicación del edificio dentro del conjunto y su orientación, pues se encuentra adosado con su cabecera al costado Norte de la iglesia principal… (Drewes 1977, 136–137).

Actualmente se ha fabricado un muro que separa lo que fue la capilla abierta con la planta basilical o capilla de las tres naves; esto propició que el presbiterio de la capilla abierta, llamado «de caja», quedara dentro del templo de una nave, el presbiterio conserva en el interior la bóveda nervada, siendo éste uno de los elementos característicos de la arquitectura del siglo XVI (figuras 2 y 3).

La planta de tres naves de Cuilapan pertenece a los pocos templos construidos con esta influencia renacentista en México; los ejemplos de planta basilical fabricados durante el siglo XVI son: en la Ciudad de México, la primera catedral sobre la que se construyó la actual y el templo de Coyoacán; en Puebla se conservan vestigios en Tecali y Zacatlán de las Manzanas; la basílica de Chiapa de Corzo, en Chiapas y la de Santiago Tecozautla, en Hidalgo.

En los tratados de Vitruvio y Alberti, ya se menciona tanto el trazo como la fabricación de la forma basilical o de tres naves:



Figura 3
Bóveda nervada de la capilla abierta. Fotografía del año 2016 tomada por Raquel Mancera Sánchez).

Como aplicación práctica de sus «recetas» de proporción, el arquitecto romano da una descripción detallada de la basílica de Fano, que él mismo proyectó y construyó: «Las relaciones de las basílicas no pueden tener menos alta dignidad y hermosura; género en que dispuse y mandé que se hiciera la basílica de la colonia julia de Fano, cuyas proporciones y armonías se han establecido… (Drewes 1977, 129).

Alberti, en cambio, da recomendaciones generales para la subdivisión interior de las basílicas, que resultan en tres alternativas, según se trate de un edifi-

cio simple de tres naves, de uno que tenga además una «nave de justicia» o de una construcción hasta con naves laterales dobles (Drewes 1977, 134).

«El templo de las tres naves de Cuilapan puede fecharse tentativamente entre 1555 y 1568 … sin embargo sus ricas formas estereotómicas son características del trabajo realizado en la década de 1560» (Kubler 2012,366), lo cual nos hace plantearnos una primera etapa constructiva que duro muchos años más. El trazo y las proporciones renacentistas de esta planta refieren a: «…tres naves en planta, la central mide aproximadamente el doble de ancho que las laterales y se hallan separadas entre sí por una fila de columnas o bien de pilares» (Artigas 2010,353).

Sobre la construcción Martínez menciona: «Para 1568 el templo menor o capilla de las tres naves se veía totalmente diferente, con sus dos hileras de arcadas completas y con su techumbre; es lo que se muestra en un fresco que se encuentra en la sacristía…» (Martínez 1998, 30) (figura 4).





Figura 4
«Sacristía: mural del siglo XVI en el muro norte (cruxificción con santa Rosa de Lima, María Magdalena y san Pedro mártir) (Sic.); detalle mostrando cuatro torres y techo de rejas de la capilla abierta» (Muller 1994, 171).

Técnicamente, la construcción de una planta de tres naves facilitaba la fabricación de una cubierta de madera, pues cada nave representaba la reducción de los claros, disminuyendo así la sección en las armaduras de madera.

La fachada principal de la capilla de tres naves, también de influencia renacentista, conserva su simetría y proporciones de la fábrica original, en la descripción de Kubler se menciona que:

> La puerta principal y norte presentan un carácter «renacentista-europeo» de estilo plateresco… la estereotomía muestra gran perfección en sus sólidas formas no canónicas. Las medias columnas que flanquean la puerta se prolongan hasta la arquitrabe y el frontón… (Kubler 2012,499).

La influencia de los tratados de construcción del siglo XVI es evidente en la reproducción de imágenes que fueron trasladadas del papel al elemento construido, Cuesta reflexiona sobre el objetivo de este tratado:

> Ningún tratado contemporáneo era más idóneo que el de Serlio para difundirse entre el tipo de arquitecto activo en los virreinatos americanos «el tratado de Serlio está escrito en lengua vulgar (...) ricamente ilustrado y destinado a una difusión impresa (…) Serlio insiste y repite que la finalidad de su trabajo es la educación de una clase media de profesionales de la construcción (Cuesta 2010,75).

En el caso de la fachada de la capilla de tres naves:

La fachada principal, orientada hacia el Norte, con tres portadas, óculo y hastial triangular que acusa el techo a dos aguas de la nave central, entre dos torres cilíndricas esbeltas, se asocia por algunos autores a la lámina conocida bajo el título de *prigione di Orlando,* de Serlio. Las semejanzas consisten en los tres arcos de medio punto, los óculos sobre los vanos laterales, la subdivisión vertical, la situación de las cornisas, y las torres en los extremos, pero yendo al detalle, las diferencias son notables, aunque, desde luego, dejan de entrever cierta inspiración, en cuanto a lineamientos generales, en el grabado serliano… (Drewes 1977 ,137).

Durante el siglo XVI se presentaron problemas que dificultaron la continuidad de la obra, lo que culminó en la suspensión del templo de una nave y parte del convento:

> Cuilapan se vio envuelto en discusiones sobre las propiedades de Hernán Cortés, lo que provocó que su construcción se suspendiera aproximadamente en 1580 (Muller 1994,157).
>
> La Audiencia ordenó que se suspendiera el trabajo en la segunda iglesia de una sola nave. Los registros capitulares… sitúan este suceso en la década de 1570 (Kubler 2012,636).

El templo, concebido con una sola nave, con una proporción en planta de 1:4.5, es parte de la primera etapa constructiva, está unido en la sección inmediata al ábside, perpendicular a la capilla de tres naves, orientado de oriente a poniente como lo mandaba la liturgia de la época. En el ala norte del templo se encuentran la sacristía y el bautisterio, enmarcado el acceso con un arco conopial. Se conservan: las portadas renacentistas de la puerta principal y de la puerta porciúncula; en el interior, en la parte concluida, se encuentran: una bóveda de cañón con casetones, un arco triunfal que separa esta bóveda de una cúpula rebajada sin tambor y una bóveda cupuliforme, hacia el poniente están adosados los arranques con nervaduras, evidenciando la intensión de construir bóvedas nervadas de gran magnitud, similares a las de otros conventos dominicos; además se observa una cornisa perimetral que enlaza cada una de las bóvedas; tanto la cornisa como las nervaduras se repiten en la parte no cubierta hacia el coro (figura 5).

El convento, con sus múltiples funciones, se levantaba al costado sur, la forma de vida e ideología de los dominicos influyeron en la espacialidad y diseño de los espacios dentro del conjunto, considerando particularidades en el programa arquitectónico:



Figura 5
Fachada poniente del templo de una nave. (Fotografía del año 2016 tomada por Raquel Mancera Sánchez).

A. De acuerdo con Kubler, para 1559 ya se habían colocado los cimientos del ex- convento y en 1589 se colocaron los conductos de agua para el molino de harina.
B. El portal de peregrinos es de grandes dimensiones, se ubica perpendicular a la fachada principal del templo de una nave; característico por nueve arcos de medio punto, no se encuentra cubierto; el acceso al exconvento es mediante una puerta pequeña, enmarcada en un arco de medio punto en el costado sur del templo.
C. El claustro está delimitado por arcadas en dos niveles con contrafuertes de grandes volúmenes, «… el claustro con contrafuertes se convirtió en la característica formal de las construcciones de los dominicos en el sur de México… en construcción desde 1570 hasta principios de la década de 1580… se destaca la introducción de los contrafuertes semicilíndricos del segundo piso frente a los prismáticos del primer nivel… » (Kubler; 2012: 424).

De acuerdo con Muller, se pueden delimitar etapas constructivas para el convento:

> 1550–1560: conclusión de la capilla de las tres naves y de una buena parte del conjunto (menos de la prolongación sur).
>
> 1555–1560: conclusión del primer piso del convento, incluidas las bóvedas del claustro, los muros de la iglesia y la puerta norte, a una misma altura; el muro común del convento y la nave del templo determina esta coincidencia.
>
> 1560–1570: conclusión de la planta alta del convento y de los muros del templo a la misma altura; al levantarse las paredes de éste, se colocaron las repisas en los arranques de las nervaduras de la bóveda. Se labró y colocó la portada poniente.
>
> 1570–1578 se terminó el ábside y los muros del templo hasta su altura actual.
>
> 1570–1575 o después de 1604; ala sur del noviciado» (Muller 1994,173).

En los pasillos del claustro bajo se observan bóvedas nervadas fabricadas con cantera del sitio y en la parte alta, debido al abandono sufrido se integró un

sistema de vigas de madera resultado de una intervención posterior a la fabrica original.

D. Hacia el sur poniente se localiza una construcción aislada, lo que alguna vez fue el noviciado, el cual permaneció en esta construcción hasta que se construyó la segunda planta; una vez que fue trasladado al claustro, este espacio fue utilizado como bodega para guardar productos agrícolas y resguardar a los animales de carga. « En la otra mitad que da hacia el poniente hay una serie de galerías, los arcos que las integran abren hacia lo que fue la gran huerta del ex -convento» (Martínez 1998,44).

Los volúmenes del exconvento se caracterizan por su pureza geométrica y masividad, dando una riqueza de luz y sombra con el juego de planos que se presentan entre los diferentes cuerpos geométricos que integran cada uno de los espacios.

Descripción de los sistemas constructivos originales y las acciones de intervención para la restauración

El material que fue utilizado en la fabricación del convento es básicamente piedra metamórfica de la región, la cual se caracteriza por tonalidades blanquecinas y amarillentas, en algunos casos se notan tonos verdes. De textura suave y composición blanda esta piedra es susceptible a la erosión, sin embargo facilita el labrado, por lo que se aprecian elementos ornamentales gran calidad estética y manufactura.

En algunos vanos se observan ladrillos de barro, evidencia de adecuaciones e intervenciones de diferentes temporalidades.

Los muros son de anchos variables, el acomodo de la mampostería es irregular con piezas careadas en los extremos, en los vanos la mampostería está acomodada de manera que enmarca los arcos, jambas, derrames y capialzados.

Tanto en la capilla de las tres naves como en el portal de peregrinos existen columnas circulares de cantera que soportan los arcos de medio punto de estos elementos.

Según lo registrado en el Archivo de la Coordinación Nacional de Monumentos Históricos del Instituto Nacional de Antropología e Historia, referente a las obras de Restauración realizadas entre 1928–1992 en el exconvento de Cuilapan de Guerrero se han realizado las siguientes intervenciones:

– Las bóvedas nervadas que cubren el claustro bajo, similares a las de otros conventos dominicos han sido intervenidas en varias ocasiones, actualmente se observan piezas con diferentes procesos de deterioro en las nervaduras.
– Los pretiles y cubiertas se han impermeabilizado en diferentes etapas de intervención, con un sistema de doble enladrillado e impermeabilizante contemporáneo; estas acciones han contribuido en general a la conservación de las azoteas y del inmueble.
– Entre 1960 y 1970 se realizaron intervenciones con elementos de concreto en arcos; además se consolidaron e hicieron arreglos en las cubiertas adecuando las pendientes en las zonas que lo requerían; también se realizaron trabajos de restauración en la cantera de diferentes elementos.

  Para 1969, se tiene registrada la fabricación del ventanal que cierra el arco de la bóveda de la nave, esta intervención se conserva actualmente, dividiendo la zona concluida del templo con la parte inconclusa (figura 6).
– En la parte alta del claustro se ha colocado un sistema contemporáneo mixto que consta de: vigas de madera, tablas, vigueta y bovedilla con una capa de compresión.
– Las secciones y el tipos de arcos que se encuentran en todo el convento son variables, destaca la arcada de la capilla de las tres naves, la cual está confinada por un sistema de puntales metálicos en el ala oriente y uno en el vestigio de un arco en el ala poniente, los puntales fueron colocados en una intervención posterior a 1999, año en que se presentó un fuerte sismo que afectó varios inmuebles de Oaxaca.

Los elementos inconclusos evocan a la contemplación y se integran al conjunto resaltando su carácter como vestigio; sin embargo, intervenciones contemporáneas, como el cancel que divide el templo de una nave, no han sido del todo afortunadas; lo que provoca la incompatibilidad con el uso, el espacio y los materiales, relegando así el carácter del inmueble.



Figura 6
Vista de la intervenida en el templo, además se observan los arranques de la cubierta inconclusa. (Fotografía del año

Conclusión

El exconvento dominico de Cuilapan de Guerrero es uno de los inmuebles patrimoniales más destacados de la arquitectura novohispana, no sólo por la calidad técnica constructiva, sino por las particularidades de sus espacios y partido arquitectónico, siendo una fuente de investigación historiográfica para la arquitectura del siglo XVI.

La influencia del Renacimiento, donde el conocimiento se compilaba en manuales para el aprendizaje y sistematización de los oficios, también se desarrolló en la arquitectura; los alarifes se formaron, ejerciendo con la reproducción visual de las imágenes, la lectura de los tratados y, en algunos casos, también se realizó durante la ejecución de la obra arquitectónica.

Por otro lado, la investigación histórica, la visita al sitio y la investigación documental que se expusieron en este documento son una herramienta para el conocimiento y valoración del patrimonio inmueble, pues permite entender y justificar la toma de decisiones en un proceso de intervención integral.

Lista de referencias

Artigas, J.B. 2010. *México. Arquitectura del Siglo XVI*. Taurus. México.

Archivo Geográfico. Santiago Apóstol, *Exconvento de Cuilapan de Guerrero, Municipio Cuilapan de Guerrero, Oaxaca. Legajo I*. Obras de Restauración. Año 1928–1992.Instituto Nacional de Antropología e Historia. Coordinación Nacional de Monumentos Históricos (INAH-CNMH).

Cuesta, H. 2010. *Sebastián Serlio y el virreinato de Nueva España: usos y percepción*. Anuario del Arte. Universidad Iberoamericana. México.

Drewes, M. 1977. «Los tratadistas Europeos y su repercusión en Nueva España (La Arquitectura en el siglo XVI)». Tesis, Facultad de Filosofía y Letras- División de Estudios Superiores, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 176.

Kubler, G. 2012. *Arquitectura Mexicana del siglo XVI*. 2ª. México. Edición. Fondo de Cultura Económica, 699.

Martínez, T. M. 1998. «El Exconvento de Santiago Apóstol en Cuilapan, una joya histórico-artística del siglo XVI». Tesis, Escuela Nacional de Artes Plásticas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 58.

Muller, R. J. 1994. *La arquitectura y la escultura de Oaxaca*. 1530s-1980s. Volumen II. Primera Parte. Tule, CODEX Editores. México.

Olvera, C.M; Reyes C.A. 2004. *El gremio y la cofradía de los canteros de la Ciudad de México*. Boletín de Monumentos Históricos. Vol.2. Tercera época. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México.

Piña, D.A. 2013. *Arquitectura del siglo XVI*. Coordinación de Difusión Cultural. Universidad Nacional Autónoma de México.

Eladio Dieste y la tecnología de la cerámica armada

Ana Mª Marín Palma

Arquitectos e ingenieros que han utilizado la unión entre ladrillo, mortero y acero, para realizaciones estructurales hay ejemplos como son los españoles Rafael Guastavino (1842–1908), Ildefonso Sánchez del Río (1898–1980), Eduardo Torroja(1899–1961), el colombiano Guillermo González (1916–1995), el suizo Charles-Édouard Jeanneret-Gris «Le Corbusier» (1887–1965), o el uruguayo Eladio Dieste (1917–2000), pero es éste último quien le dio un nombre, le posicionó como uno de los materiales estructurales creados en el siglo XX, constituyéndole como una alternativa eficaz, económica y elegante del hormigón armado en su país, enseñándonos con su utilización que el uso de los recursos regionales no es señal de retraso, sino signo de poder tomar decisiones propias, de divergir (Waisman 1990),de ser centro y no periferia, posicionando a Uruguay como un lugar de creatividad y tecnología.

La primera vez que utiliza el material es cuando hacia 1945[1] el arquitecto español Antonio Bonet (1913–1989) afincado en Uruguay, le llama como calculista para realizar las bóvedas de hormigón armado que había proyectado en la vivienda Berlinghieri (Punta Ballena 1946–1947), pues aunque ya había utilizado la bóveda como elemento generador del espacio y de la arquitectura con gran satisfacción formal no lo era con los cálculos estructurales, así que para esta casa quería un calculista que le solucionase el problema de una manera sencilla (Tomlow 2001; Marín y Barluenga 2014). Augusto Torres (1913–1992), le presentó a Dieste, un joven ingeniero, amigo suyo, docente en la facultad de Montevideo, que trabaja con hormigón armado y que le podía solventar el tema estructural, pero el ingeniero una vez estudiado el tema lo que le propuso es realizar unas cascaras en ladrillo, aceptándose el cambio y naciendo lo que posteriormente se denominaría cerámica armada (Marín y Trallero 2005). Existe un artículo de Dieste, de 1947, titulado «Bóveda Nervada de Ladrillos “de espejo”» (original en comillas), en la Revista de Ingeniería de Montevideo en el que data la puesta en obra del nuevo material y la técnica utilizada.

Esta experiencia, sin embargo, resultó un hecho puntual para las Ωtrayectorias tanto del arquitecto, pues no volvió a utilizar más esta tecnología, como la del ingeniero que tuvo que aparcar sus aspiraciones para volver a trabajar con hormigón armado (Marín y Trallero 2005), retomando el camino iniciado a partir de 1954cuando funda con Eugenio Rolando Montañez (1916–2001), una empresa de cálculo y construcción, la «Dieste & Montañez, S.A.», pudiendo con ella utilizar exclusivamente el nuevo material, creando nuevas formas estructurales.

Pero, ¿qué es la cerámica armada? Leyendo el artículo «Bóveda Nervada de Ladrillos “de espejo”», ya se señalan aquí las características de cómo se ejecutaron esas primeras bóvedas, que habían de regirel camino posterior, y que son: utilización de la geometría[2] para lograr el adecuado funcionamiento estructural; realización de las bóvedas con ladrillos cerámi-



Figura 1
Casa Berlinghieri en obras (Nudelman 2013)

cos colocados estos en plano o en «espejo», por lo que el espesor de la lámina es el de la pieza cerámica utilizada, introducción de barras o alambres de acero en la masa de mortero de las juntas entre ladrillos; al ser este mortero el único material que tenía que endurecer, adquiriendo rápidamente una resistencia que aunque pequeña era suficiente para poder desencofrar en cuestión de horas, no se necesitaba un encofrado para toda la lámina, sino un molde de pequeña longitud, sencillo manejo y móvil, que se iba trasladando diariamente, terminación de la lámina cerámica con una capa de mortero (2 o 3 cm de espesor) ligeramente armada, empleo de una mano de obra local y no cualificada, diseño de los equipos necesarios para terminar de ejecutar las construcciones, y utilización de las experiencias anteriores para desarrollar nuevas realizaciones.

Análisis de los componentes de la cerámica armada

La trayectoria de Eladio Dieste fue tan amplia, el nuevo material tan versátil y el ritmo de trabajo tan intenso, que el resultado fue muy amplio, pudiéndose realizar con el nuevo material cualquier parte de una edificación, desde muros de contención, muros portantes, hasta forjados, bóvedas, cúpulas, o escaleras, por lo que para explicar la técnica de la cerámica armada he escogido como es el proceso de ejecución de dos de las estructuras laminares de cubierta, las cáscaras autoportantes de directriz catenaria sin tímpanos[3] y las láminas de doble curvatura4 también denominadas bóvedas arco de directriz catenaria o bóvedas gausas, y de sus componentes.

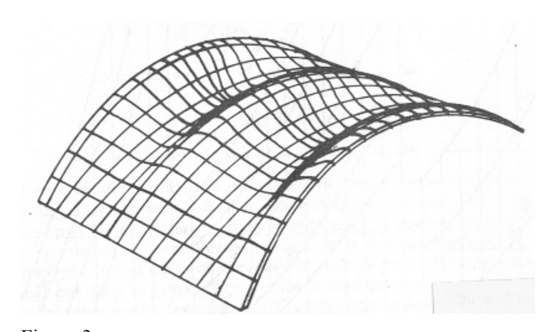


Figura 3
Láminas de doble curvatura continua (Dieste 1985)

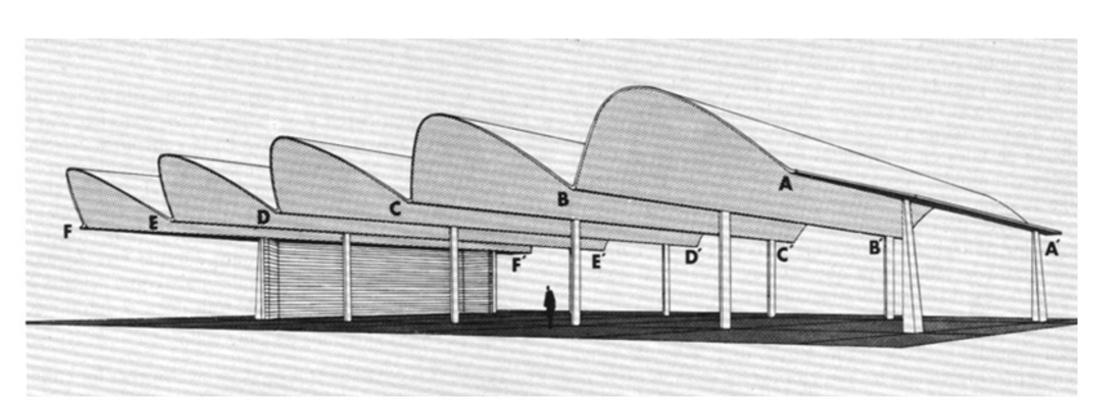


Figura 2
«Perspectiva de una cascara autoportante» (Dieste 1994)

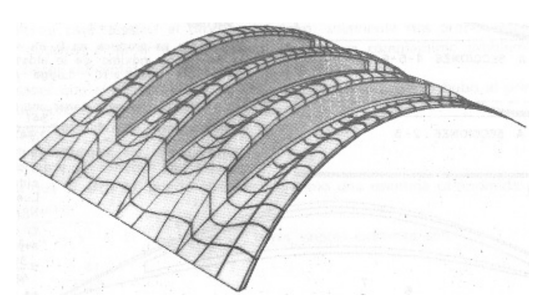


Figura 4
Láminas de doble curvatura discontinua (Dieste 1985)

Piezas cerámicas

Las piezas utilizadas se clasifican en dos grupos: piezas cerámicas macizas (ladrillos), sin perforaciones, realizadas generalmente de forma manual, con dimensiones nominales de 25×12 cm, y gruesos de 7 y 5,5 cm.; y piezas cerámicas huecas (bovedillas, ticholos) con perforaciones en la cara paralela a la cara de apoyo de dimensiones nominales 25×25 cm y gruesos entre 15, 12, 10 u 8 cm.

La elección de la pieza estaba en función de la tipología estructural utilizada, así en las bóvedas gausas utilizaba una pieza cerámica hueca, pues podía aumentar el espesor de la cascara, aumentar la inercia, la seguridad al pandeo, y no el peso. Para las bóvedas autoportantes, en el que la luz transversal a cubrir era menor, usaba un ladrillo macizo. Las piezas cerámicas se colocaban alineadas, sin trabazón, teniendo una resistencia a la rotura mayor a 220 kg/cm^2 (Dieste y Montañez 1985, 9).

Conglomerantes y conglomerados

El conglomerante utilizado es el cemento portland, que convenientemente dosificado –según las diferentes necesidades constructivas– con arena y agua utiliza como mortero. Las partes donde hay colocado mortero son: las juntas entre ladrillos, pudiendo ser la dosificación en volumen de 1:2, 1:2,5 ó 1:3 (relación cemento: arena), consistencia blanda, y muy compacto; y la «capa de alisado», que es una capa de mortero armada colocada sobre la lámina estructural cerámica, y que se realizaba en dos fases: una primera capa en contacto con la cerámica, de dosificación 1:3, consistencia fluida y muy compactada, colocándose en su superficie un mallazo, y una segunda capa, inmediatamente a la anterior, antes de que ésta comenzase a fraguar de dosificación 1:3, consistencia blanda, muy compactada, y con un acabado fratasado. El espesor total de la capa de alisado, variaba entre 2,0 a3,0 cm., siendo la resistencia de rotura a los 28 días de 300 k/cm^2 (Dieste y Montañez, 1985).

Acero

Hay que distinguir entre armaduras pasivas y activas. La armadura pasiva se corresponde con aquella que convenientemente unida y con los recubrimientos adecuados tiene una función estructural, situándose dentro de la masa de mortero de las juntas longitudinales y transversales. Las armaduras activas son aquellas a las que se les introducía una fuerza controlada. Estas armaduras las podemos encontrar colocadas en la corona de las bóvedas autoportantes, sobre la estructura laminar cerámica antes de realizar la capa de alisado, o atirantando las bóvedas por debajo o por encima de éstas.

Los productos para las armaduras pasivas podían ser: barras corrugadas de acero de sección circular, macizas, y barras lisas de acero o de acero inoxidable, utilizadas cuando la junta de mortero era muy estrecha o tenía que tener un tratamiento específico de protección frente a la corrosión. Los diámetros nominales variaban, estando los de 3 ó 4 mm o alambres, y los 6, 8, 10 ó 13 mm. Los límites elásticos variaban entre 4100 kp/cm^2 y 5100 kp/cm^2.

También hay malla electrosoldada, en forma de panel, formada por barras de acero grafilados o lisos, dispuestos en forma octogonal y con nudos electrosoldados en los puntos de encuentro. Las separaciones longitudinal y trasversal entre barras, y diámetros básicos utilizados eran: 10×10 cm, Ø3 mm; ó 15×15 cm, Ø3, 4 mm colocada embebida en la capa de alisado, y cuya función principal era que no se fisurase por la retracción del fraguado y a las variaciones de temperatura (Dieste y Montañez, 1985).

Los productos para las armaduras activas variaron según fue avanzando la técnica constructiva, pudiéndose utilizar barras de acero de dureza natural, con superficie lisa o con nervaduras; hierro tratado, perfiles cuadrados estirados en frío torsionados; y alambres envainados (Dieste y Montañez 1985, 20).

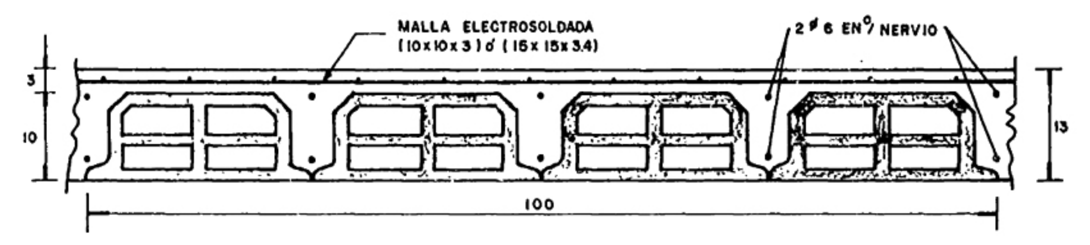


Figura 5
Corte longitudinal tipo de una cascara. La pieza cerámica es una bovedilla de 25×25×10 cm. La armadura entre las juntas son 2 Ø 6 en cada nervio. La capa de alisado es de 3 cm de espesor armada con una malla electrosoldada de 10 cm × 10 cm × 3 ó de 15cm × 15 cm × 3,4 mm. (Dieste y Montañez 1985)

Materiales de acabado

Hay otros materiales que aun no teniendo una función estrictamente estructural forman parte de las cascaras como son:

– Antisol[5] es una emulsión acuosa de parafina que se aplicaba sobre el mortero fresco de la capa de alisado (Dieste y Montañez 1985), para evitar la pérdida prematura de humedad, garantizando un completo curado del material y controlando el agrietamiento.
– Pintura de caucho acrílico color blanco, a fin de proporcionar además de una impermeabilización, una gran resistencia a la abrasión, al desgaste y a la acción de los rayos solares (Dieste y Montañez 1985).
– La pintura a la cal la utiliza como acabado final, en el extradós de las bóvedas «Para evitar bruscas variaciones térmicas de la capa superior de mortero y para aislar mejor el local cubierto, pintamos la superficie de mortero con pintura blanca» (Jiménez 1996, 49).
– Vidrio. La función que ejerce el vidrio, incoloro o de colores, es del cierre de un hueco proyectado en las estructuras laminares para controlar la luz. En las bóvedas autoportantes o gausas continuas son huecos de pequeño diámetro practicados directamente en las láminas cerámicas, pero en las gausas discontinuas son vidrios incoloros que cierran grandes ventanales, formando parte de una carpintería de perfiles de hierroque se ejecuta en la obra.

Medios auxiliares. La cimbra móvil.

La cimbra (Dieste y Montañez 1985, 30–31; Jiménez 1996, 49) se dividía básicamente en dos partes: a) un bastidor metálico, reutilizable para distintas obras, formado por columnas y travesaños de perfilería metálica hueca y diagonales para arriostrar realizadas con cables o hierros redondos, que iba ganando en complejidad según el tipo abovedado; así si las bóvedas estaban atirantadas por el interior, el bastidor se dividía en dos partes independientes, una inferior con las ruedas y los gatos, y una superior que soportaba el molde de madera. Ambas partes se unían mediante unos tacos que eran unos dispositivos sencillos, de unos 30–40 cm de altura, que permitían que todo el encofrado pudiera desplazarse salvando los tirantes interiores, claro está que si no había tensores intermedios el bastidor era un solo cuerpo, y b) apoyado sobre la parte superior del bastidor se colocaba un soporte preferiblemente de madera, en el que se clavaba el forro o molde que tenía la forma exacta de la bóveda. Este molde estaba formado por tablas de maderas calibradas, de poca anchura, colocadas a tope, para crear una superficie plana y continua a fin de evitar cualquier resalto o discontinuidad en el material que se iba a colocar.

En las primeras cimbras los gatos que permitían su subida y bajada se correspondían directamente con las columnas del armazón metálico, que eran las que transmitían todas las cargas, pero según se fue sofisticado el sistema, los gatos se fueron colocando en la parte superior de las ruedas, constituyendo incluso una unidad con ellas, de manera que la descarga se realizaba siempre a través de estas. Tanto en la subida como en la bajada del encofrado, los gatos te-

nían que actuar simultáneamente y a igual velocidad, pasando de ser de tornillo y accionamiento manual a eléctricos. Los gatos, en las bóvedas de doble curvatura, se tenían que prever para que tuvieran un recorrido superior a la altura de la onda a salvar.

Las ruedas corrían a través de unos carriles o rieles, por los que había de deslizarse suavemente la estructura que soportaba la cimbra. Los raíles actuaban como soporte y dispositivo de guiado debiendo de estar rectos, nivelados y firmes, calculándose de acuerdo con el peso del molde que había que soportar. Las ruedas avanzaban longitudinalmente sobre ellos, pero también podían girar 90º y seguir avanzando en esta dirección.

Mano de obra.

La mano de obra era local, sin cualificar, pues en los inicios aunque se quisiera no se podía disponer de personal especializado ya que tanto la cerámica armada como los procedimientos constructivos eran nuevos, pero al ir aumentar la producción, aquellos operarios más aventajados, capaces de tener una compresión global de los trabajos a realizar, se conservaron como encargados de obra.

A los operarios se les contrataba específicamente para una obra determinada, estando por tanto el número de empleados en función del tamaño de la construcción. Como se trataba de personal no cualificado, todos podían realizar cualquier trabajo, no había una diferenciación de oficios como tal, todos trabajan como un solo equipo, una sola mano, una sola cabeza, estando su función limitada al rendimiento de la obra, por ello siempre estaban ocupados, no habiendo paros temporales, consiguiéndose que el trabajo fuera metódico: colocar la cimbra, amasar mortero, poner ladrillos, colocar armadura, rellenar las juntas, etc., siempre al mismo ritmo, pero no era rutinario, pues Dieste hizo fácil lo complicado y, aunque a los operarios simplemente se les requería disciplina, organización y sentido del deber, éstas cualidades podían encontrarlas sobradamente reflejadas en la figura de ese ingeniero que, además de haber participado directamente en la contratación de todos y, cada uno de ellos, había de guiarles durante el proceso constructivo. Además, el mismo ingeniero ejecutaba todo aquello que requería de un grado de especialización tecnológica, con el fin de descubrirles hasta donde podían llegar la resistencia de los materiales, así, como de la perfección de la obra terminada; para finalmente demostrarles que el principal beneficiario del producto realizado, eran aquellos que habían de utilizar esos espacios que, entre todos y, sólo con sus manos, habían realizado.

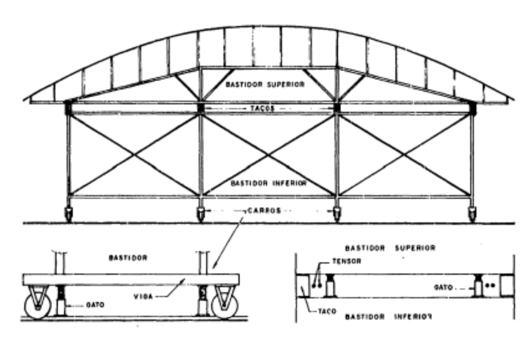


Figura 6
Cimbra móvil tipo (Dieste y Montañez, 1985)



Figura 7
Cimbra de lámina de doble curvatura discontinua (Jiménez 1996)

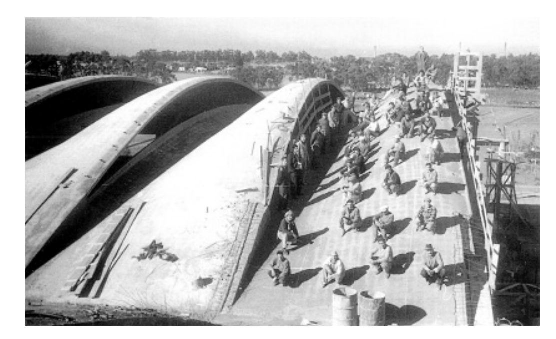


Figura 8
El equipo de trabajo (Jiménez 1996)

Procesos de ejecución. Estructuras laminares de cubierta

Primeramente se fijaba el tipo abovedado, estando la opción en función de la luz a cubrir. Si las luces eran pequeñas, por ejemplo, los 6 m de luz transversal de la Casa Berlinghieri, o medianas, como los 30 m del Auto Palace (Montevideo, 1964), optaba por la bóveda autoportante de directriz catenaria sin tímpanos, pero si las luces eran grandes, por ejemplo, los 50 m del Depósito Julio Herrera y Obes (Montevideo, 1977–79) entonces era una bóvedagausa. Una vez elegido el tipo abovedado, se definía la forma de la catenaria que había de regir la sección transversal, eligiéndose la luz transversal y la flecha. Se determinaba también el espesor de la cascara, que estaba en función del ladrillo elegido y de la capa de alisado, calculándose el peso específico de la combinación cerámica-cemento-acero, las sobrecargas y la verificación del pandeo.

Se planeaba la disposición y cálculo de los pilares, y una vez realizados estos se limpiaba y preparaba el suelo, dejando una superficie plana y regular, para comenzar el montaje de los raíles por los que habría de deslizarse la cimbra móvil. Como la forma de disponerse las cascaras autoportantes eran en batería, se comenzaba por los apuntalamientos y encofrados planos de las losas de los valles intermedios y de las extremas, empezando por éstas, manteniéndose mientras durase la construcción de la bóveda. Si se trataba de bóvedas gausas una vez realizados los pilares se realizaban las vigas y los tensores vistos por debajo de las bóvedas si es que había.

La distancia entre pilares definía la longitud del molde móvil que tenía que utilizarse, el número de puestas y por tanto el ritmo de trabajo, estando para las bóvedas autoportantes entre los 3,00 a los 5,50 m. de longitud (Dieste 1994, 12), realizándose una cimbra móvil por cascara si se trataba de una batería de bóvedas, pues como la distancia importante era la de las generatrices, y generalmente se trataba de un espacio sin tensores, la cimbra era muy sencilla de proyectar, de utilizar y, por tanto, muy económica respecto al cómputo total de la obra. Si se trataba de bóvedas gausas se hacía una cimbra móvil por cada cascara.

La bóveda autoportante sin tímpanos se iniciaba simultáneamente en ambas partes, empezando por las losas planas, y una vez éstas por los arranques de la superficie curva, para terminar en la parte más alta de la bóveda, pero antes de empezar a poner ladrillos se replanteaban todos a fin de que entrasen piezas enteras, dibujándose para ello en el forro de madera de todos los encofrados las juntas, clavándose en correspondencia con ellas una varilla de medía caña de madera achatada o de PVC, con el fin de conseguir una buena terminación de la fábrica, con unas juntas perfectamente alineadas, ligeramente rehundidas, y sin que se ensuciaran las piezas cerámicas de mortero, además facilitaba que los ladrillos no se moviesen

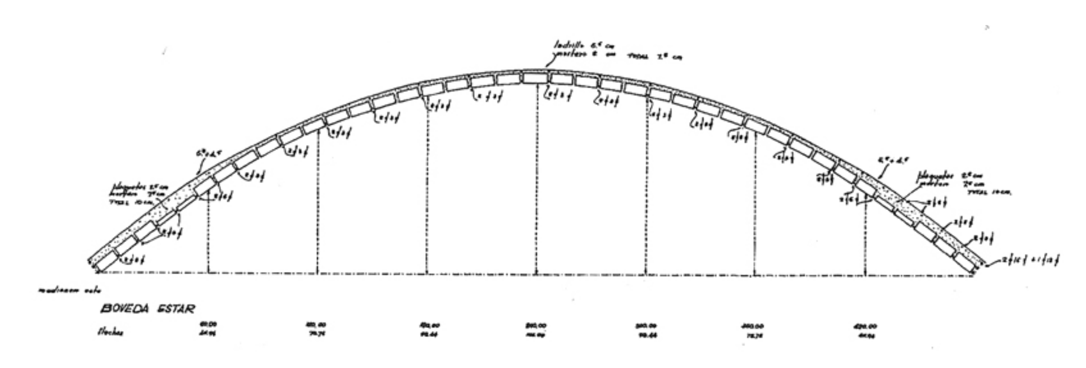


Figura 9
Sección transversal de una de las bóvedas (la del estar) de la Casa Dieste. Se trata de una bóveda autoportante de directriz catenaria de luz transversal 4,80 m y flecha 1,05 m. La pieza cerámica utilizada es un ladrillo macizo de espesor 5,5 cm y la capa de alisado es de 2 cm. La armadura longitudinal se coloca cada ladrillo y la transversal cada dos ladrillos, siendo 2Ø6 (Jiménez 1996)

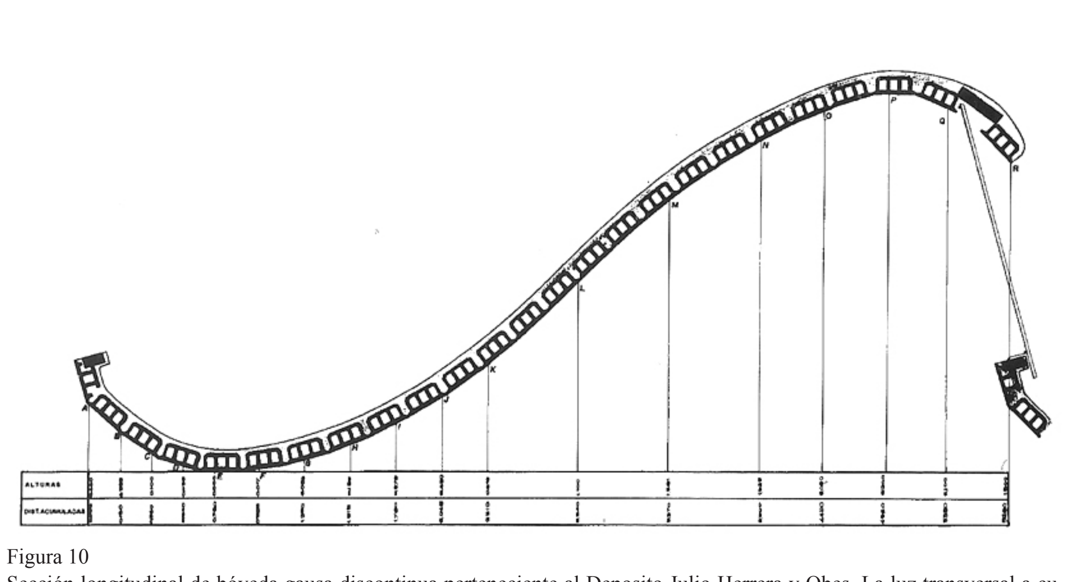


Figura 10
Sección longitudinal de bóveda gausa discontinua perteneciente al Deposito Julio Herrera y Obes. La luz transversal a cubrir es de 50 m., y la longitudinal de 6 m. La pieza cerámica utilizada es hueca, denominada bovedilla, de 10 cm de espesor y capa de alisado de 2 cm (Jiménez 1996)

cuando los operarios pisaban encima. Como lo habitual era que las vigas planas exteriores no fueran de sección constante se cortaban las piezas que hacían falta según la forma de aquella. También se cortaban los ladrillos de unión con la parte curva de la bóveda, a fin de que desde el intradós se siguiera manteniendo el ancho de la junta y la dimensión del ladrillo. Los ladrillos que se colocaban tenían que estar mojados, manteniéndoles húmedos hasta la finalización de la franja de bóveda correspondiente a una jornada de trabajo. Colocado el ladrillo sobre la cuadrícula de varillas se comenzaba a poner la armadura. Lo usual es que las barras fueran de acero corrugado, y aunque era el cálculo estructural el que disponía el número y el diámetro, como generalidad eran dos barras de 6 mm de diámetro, situadas una en la zona baja de la junta y la otra en la parte superior comenzándose a llenar las juntas longitudinales y, cuando llevaban la distancia de un brazo, las transversales, con mortero de cemento de dosificación 1:2.

Las armaduras longitudinales iban en todas las juntas, o en cada dos dependiendo del cálculo estructural, su función era para que la bóveda actuase como conjunto, resistiera el pandeo y los efectos del viento, en cuanto a las armaduras transversales se colocaban cada una o dos juntas y era puramente constructiva. Todas estas armaduras eran pasivas.

Cada dos piezas, tanto en un sentido como en el otro, se ataban las dos armaduras que se entrecruzaban en la junta, no cortando el alambre sobrante, sino dejándole largo, entre 10 ó 12 cm, de manera que con éste se pudiera atar también la malla electrosoldada que iba en la capa de alisado. En las bóvedas autoportantes sin tímpanos las armaduras longitudinales finales del moldeado se dejaban sobresalir unos 50 cm aproximadamente, para empalmar con las del siguiente moldeado.

El ancho de la junta de mortero era de unas tres veces el diámetro del hierro que había de ir entre ellas, es decir si el hierro era de diámetro 6 mm, la junta tendría unos 18 mm. Pero si visualmente se quería una junta estrecha, como era el caso de las bóvedas gausas, se entallaba la pieza. El mortero debía recubrir completamente a la armadura, y quedar lo más compacto posible ayudándose para ello de la cuchara. A medida que se avanza con las juntas longitudinales se iban haciendo las juntas transversales.

La jornada de trabajo era de 7:00 de la mañana a 5:00 de la tarde, por lo que una vez terminadas las estructuras laminares cerámicas correspondientes a una jornada de trabajo se instalan flexímetros para tomar las deformaciones según la vertical, en los cuartos de la luz y en la clave. Desde que se terminaban los trabajos hasta que se comenzaba al día si-

guiente pasaban 14 horas, tiempo suficiente para que el mortero adquiriese resistencia y poderse desencofrar las bóvedas al día siguiente, pero antes se hacía una comprobación in situ de la resistencia con una prensa diseñada por el propio Dieste, y si esta era de 5 Mpa (Larrambebere 2010, 226), se procedía al desencofrado. Si eran bóvedas autoportantes se comenzaba a preparar el descenso del encofrado; si eran bóvedas gausas con tirantes vistos se procedía a darles una parte de la tensión prevista, se subía el encofrado ligeramente, y luego se bajaba rápidamente, pero sin producir vibraciones ni golpes. Una vez independiente el molde de las bóvedas, se deslizaba por los carriles llevándole a su nueva posición y se levantaba de nuevo. En las bóvedas autoportantes sin tímpanos posicionar el molde en su lugar exacto no era fácil, había que tener en cuenta que la alineación de las juntas de mortero longitudinales debían de ser continuas, de hecho, la armadura de espera de las juntas longitudinales debía de coincidir exactamente con los hierros de la nueva faja, por ello se había de colocar referencias que facilitasen estos trabajos.

A partir de este momento el ritmo de trabajo se vuelve rápido y continúo, todos los obreros están ocupados empezando una nueva franja de bóveda, o retocando el mortero de las juntas de la bóveda recién des-

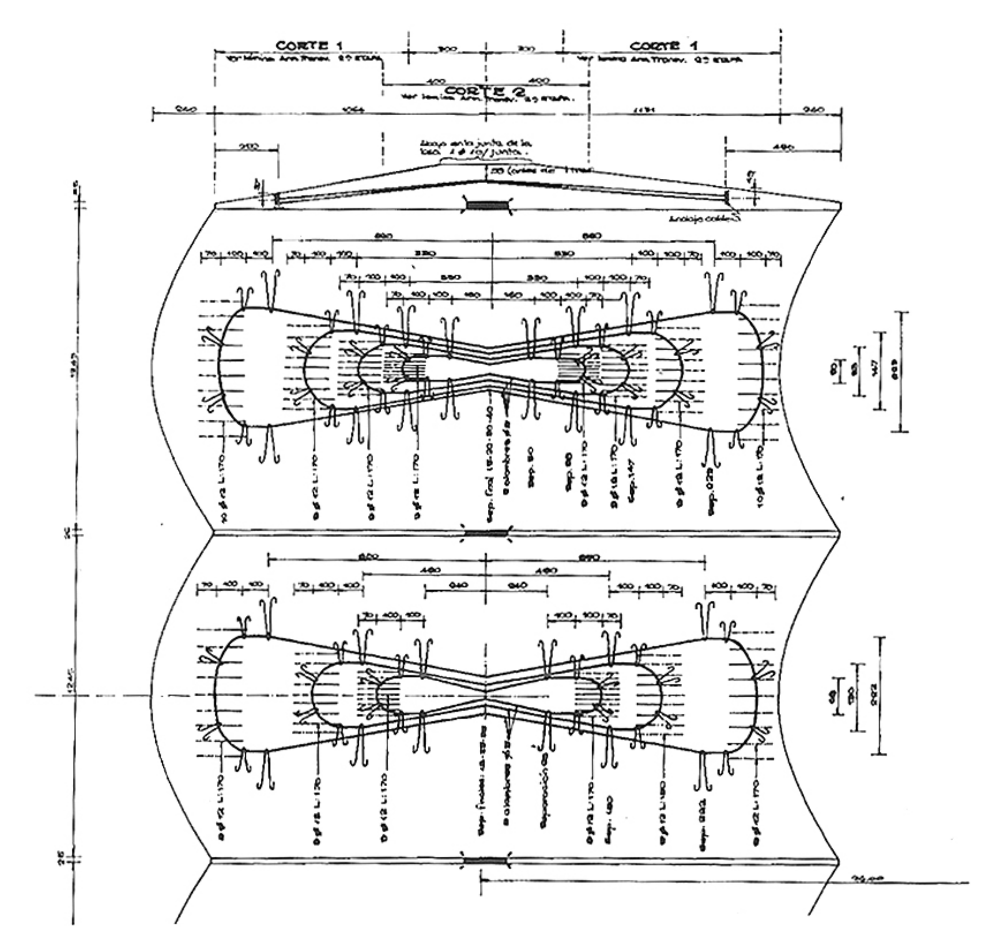


Figura 11
Los primeros pretensados se hicieron mediante pinzado de los cables, con un gato diseñado y realizado por Dieste. Posteriormente se pasó a utilizar cables envainados, aunque el gato siguió proyectándole y construyendo él (Jiménez 1996)

encofrada a fin de conseguir acabados de gran calidad. También se podía terminar la solería o realizar las construcciones previstas, pues al carecer de andamiajes la superficie bajo las bóvedas estaba libre.

Si la bóveda autoportante iba a llevar cables para tensar, se procedía a realizar la capa de alisado con su malla electrosoldada, pero si iba a llevar armadura activa, ésta se colocaba en la cima, sobre la hoja de cerámica estructural, de manera que alcanzase la mayor superficie posible, ya que la zona superior central es la que estaba sometida a las mayores flexiones. Los cables eran continuos disponiéndose como círculos sobre la corona desde un lado a otro en toda la longitud de la bóveda, sujetando cada aro individualmente a diferentes distancias a través de otras armaduras ancladas éstas a la estructura laminar cerámica, de manera que cuando se apretaban los cables en el centro, se iban disponiendo en la superficie de la cascara en forma de ochos concéntricos, tensionando toda la cascara. Los lazos se sujetaban mediante abrazaderas metálicas para que no perdieran tensión.

La técnica era muy sencilla pero eficaz, pues la superficie de actuación donde se realiza el anclado de los cables y el posterior tensado al ser muy grande se evitaban las tensiones locales. Bien es cierto que llevaba mucho trabajo previo, pues se debían de fijar la longitud y superficie que debían de alcanzar cada uno de los lazos, así como las tensiones a las que debían de ir sometidos cada uno de ellos.Una vez realizado el tesado se procedía a terminar la capa de alisado, y para cuidar el curado el antisol. La terminación final variara según lo decidido en proyecto, pero generalmente se elegía una pintura a la cal color blanco.

Notas

1. Dieste fecha el encuentro (Grompone 1993) hacia 1945. Tomlow (2001), Pedreschi y Larrambebere (Anderson 2004) le fechan en 1946.
2. Dieste refiriéndose a la geometría de las bóvedas indica: «Elegimos como directriz la catenaria, luego el peso produce compresión simple, y esta compresión capaz a la estructura de resistir flexiones. Esta capacidad aumenta mucho si consideramos un “mínimo constructivo” de armadura» (entrecomillado en el original) (Jiménez 1996, 41).
3. Las bóvedas autoportantes de directriz catenaria sin tímpanos descargan en elementos resistentes (vigas, pilares, tensores o muros) resistiendo sus empujes, y la estabilidad de la estructura se aseguraba con la inercia del espesor de la propia lámina. Progresando sobre esta tipología, Dieste consiguió calar las láminas en toda su superficie, convirtiéndose la cáscara en un entramado cerámico, pero el mayor avance se produce cuando quiere liberarse de la atadura de los pilares e introduce el pretensado, realizando voladizos de hasta 16,40 m de longitud con 4,23 m de luz transversal (Marín y Barluenga, 2014).
4. Cuando trató de solucionar cubiertas de grandes luces se le presentaron las siguientes situaciones: tener que peraltar mucho la bóveda, solución poco elegante y anti-económica, o incrementar el espesor de la bóveda para aumentar su inercia, lo que conllevaba un incremento del peso, el encarecimiento de la propia cáscara y de su cimbra. Así, desechó ambas soluciones. Quedaba entonces ondular la bóveda, con lo que podía aumentar mucho la rigidez con un aumento pequeñísimo de su peso, solución que le satisfacía por ser práctica y bella. Estas bóvedas, que denominó gausas, las hizo variando la amplitud de la onda de la cáscara desde un máximo en la clave a cero contra los elementos resistentes de borde. La forma geométrica se obtenía desplazando una catenaria de cuerda fija y flecha variable, contenida en un plano vertical móvil que se trasladaba, manteniéndose paralelo a otro plano vertical fijo, de modo que los arranques de estas catenarias recorrieran dos rectas paralelas entre sí, en general contenidas en un mismo plano horizontal (Marín y Barluenga, 2014). Cuando quiso introducir luz dentro de los espacios, sustituyó parte de la estructura laminar cerámica por vidrio, surgiendo así una variante, llamando a las que te tenían lucernarios como bóvedas gausas discontinuas y a las que no les tenían como bóvedas gausas continuas.
5. Antisol actualmente es marca registrada de la casa Sika.

Lista de referencias

Anderson, Stanford. 2004. *Eladio Dieste. Innovation in Structural Art*. New York: Princeton Architectural Press.

Carbonell, Galaor. 1987. *Eladio Dieste. La Estructura Cerámica*. Colección Somosur, tomo I. Colombia: Facultad de Arquitectura Universidad de los Andes Colombia, USA: School of Architecture University of Miami, Colombia: Escala.

Dieste, Eladio. 1985. *Pandeo de láminas de doble curvatura*. Uruguay: Ediciones de la Banda Oriental, S.R. L.

Dieste, Eladio. 1994. *Cascaras autoportantes de directriz catenaria sin tímpanos*. Montevideo: Ediciones de la Banda Oriental.

Dieste, Eladio y Eugenio Montañez. 1985. *Bóvedas arco de directriz catenaria en cerámica armada.* Montevideo: Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe ROSTLAC.

Grompone, Juan. 1993. *Eladio Dieste, maestro de la ingeniería*. Fuente: https://es.scribd.com/doc/30920285/Dieste. Revisado el día 9 de abril de 2017.

Jiménez, Antonio. 1996. *Eladio Dieste 1943–1996*. Sevilla: Conserjería de Obras Públicas y Transportes. Dirección General de Arquitectura y Vivienda.

Larrambebere, Gonzalo. 2010. Eladio Dieste, dos maestros. En *Félix Candela, centenario: la conquista de la esbeltez*, 219–227. Madrid: Fundación Juanelo Turriano, Universidad Politécnica.

Marín, Ana Mª y Gonzalo Barluenga. 2014. Eladio Dieste y la cerámica armada: la forma de lo resistente. *AS Arquitectura del Sur*, 32 (45): 76–89.

Marín, Ana Mª y Antonio Trallero. 2005. El nacimiento de la cerámica armada. *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Editado por S. Huerta, Cádiz, 707–715. Madrid: Instituto Juan de Herrera, SEdHC, Arquitectos de Cádiz, COAAT Cádiz.

Nudelman, Jorge. 2013. «Tres visitantes en París: los colaboradores uruguayos de Le Corbusier». Tesis Doctoral. E.T.S. Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.

Tomlow, Jos. 2001. La bóveda tabicada a la catalana y el nacimiento de la cerámica armada en Uruguay. En *Las bóvedas de Guastavino en América*. Editado por S. Huerta, 241–251: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo, CEDEX Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo del Ministerio de Fomento.

Waisman, Marina. 1990. El interior de la historia. *Historiografía Arquitectónica para uso de Latinoamericanos*. Colección Historia y Teoría Latinoamericana. Colombia: Escala.

Los acueductos de La Habana Colonial, de la Zanja Real al Canal de Isabel II. S. XVI-XIX

Alain Marrero Cordero

Fundada en 1515, La Habana se asienta en su actual ubicación en 1519 aprovechando las bondades que le brindaba el «Puerto de Carenas». El primer abasto de agua de la primitiva villa fueron pozos escavados gracias a la presencia del manto a unos 6mts. de la superficie. Estas aguas se veían comprometidas en muchas ocasiones por la subida de las mareas y el estrato rocoso donde estaba asentada. En aras de mejorar la calidad de las aguas se decidió abrir un nuevo y mayor pozo alejado de las cercanías del puerto, en lo que fura luego el Campo de Marte, este era conocido por «La Anoria», debido al artefacto utilizado para extraer el agua del mismo utilizando la tracción animal. Durante un buen período fue esta la principal fuente, en tierra, de agua de la villa. Se conoce se explotaba desde 1559 y en 1585 se le hicieron reparaciones a la noria. Otra construcción dedicada al resguardo y uso de agua fueron los aljibes, los cuales estaban limitados a los castillos, conventos y edificios públicos dado su compleja ejecución y altos costos en esas fechas. En siglo XVII, aparecen los primeros aljibes de carácter familiar, sin embargo, el más importante que reconocen varios autores fue el del patio del Convento de Santa Clara. Era un estanque de muros y pisos de mampostería, finamente revocados y cubierto con una sólida bóveda de sillería, que almacenaba cerca de 60 000L de agua. Recientemente en los trabajos arqueológicos realizados en el Antiguo Convento de Santa Teresa de Jesús, se descubrió el antiguo aljibe que para dicha nuestra se encuentra en un perfecto estado de conservación, no tanto así la bóveda de sillería que lo cubría. Las dimensiones del aljibe son 7.5m de largo, 4.85 m de ancho por 2.9m de profundidad, por lo cual podía albergar 105.000 litros de agua.

Según fue creciendo la urbe, se fue incrementando las necesidades del agua, no solo para los pobladores sino para abastecer a las embarcaciones que llegaban a puerto. Existieron otros tantos depósitos de agua, «la cisterna del Jagüey» en las faldas de la fortaleza de la Cabaña; «la cisterna de la Ciénaga» en la después plaza de la Catedral. Asimismo, se aprovecharon los ríos más cercanos como el río Luyanó, pero sus aguas nunca tuvieron la calidad suficiente para el consumo. Siendo entonces el río La Chorrera –Almendares–, el de mayor uso por la villa, del cual se tría el agua por mar en embarcaciones y por tierra «a lomo de bestias». En cada caso la distancia a recorrer era de 10 y 8km respectivamente agravándose muchas veces por las condiciones de los caminos o el mar tiempo.

Dada la calidad y caudal del río La Chorrera, serían incontables las propuestas por traer a través de una zanja las aguas del mismo a la población. Fue entonces este el primer acueducto de la Villa, la Zanja Real, la cual se modificó y modernizó a lo largo del tiempo utilizándose hasta la primera mitad del s. XX. Sucedió a la Zanja en tiempo el de Fernando VII, pionero en el uso de tuberías de hierro para la conducción de las aguas. A mediados del s.XIX se comenzaría la mayor obra hidráulica de la etapa colonial y más allá de toda la historia de la Habana, el acueducto de



Figura 1
Aljibe principal situado en el primer claustro del Convento de Santa Teresa. Puede apreciarse el fondo enlosado de cerámica roja cocida. Imagen del autor

Isabel II, conocido después por el nombre de Albear, su creador. En estas tres obras se enmarca la investigación y como eje central está la demostración de la superposición de una en otra y la vigencia de cada una en el desarrollo de la siguiente. Igualmente hacer paréntesis en elementos constructivos por su importancia dentro de las obras y dentro del universo constructivo de la ciudad.

La Zanja Real

La primera Zanja fue ejecutada por el Maestro Mayor de la Fortaleza, Francisco de Calona[1] terminada en 1575. La Zanja conectaba desde el río hasta el puerto, pero problemas en su ejecución no permitieron su uso. No es hasta 1589 que se retoman las obras, esta vez en manos del Ing. D. Juan Bautista Antonelli[2], quien se encontraba ejecutando las obras del Castillo de la Fuerza. Antonelli construyó la represa en el río Almendares y terminó las obras en 1592, coincidiendo con el nombramiento de ciudad a la villa de La Habana. El costo de las obras fue $35,000.00 pesos.

La Zanja, traía el agua desde la represa conocida por El Husillo, a través de una acequia, teniendo una extensión de «2 leguas provenzales» alrededor de unos 8480m. Su sección era trapezoidal, variable, siendo ancha y de poca profundidad en sus inicios y disminuía en área a medida que iba dejando líquido en su camino. Se extraían diariamente del rio cerca de 70 mil m^3 de los cuales 20 mil m^3 llegaban a la ciudad, luego de abastecer canales de riego e industrias.

Sobre el recorrido de la Zanja en el recinto amurallado son varios los documentos que aseguran uno u otro recorrido. Luego de un análisis de diferentes fuentes bibliográficas se esclarece bastante que la Zanja Real tuvo un recorrido inicial que fue ampliándose a medida que aumentaba la ciudad, la solicitud de pajas de aguas y el desarrollo de la villa.

Uno de los trazados más antiguos que se pudo consultar para esta investigación fue el «Plano de la ciudad de la Habana con proyecto de nuevas murallas por Antonio de Arredondo, 1746» (Weiss, 2002). El plano de referencia poseía una única conexión de la Zanja con la Villa, en un punto cercano a la Muralla de Tierra. En el interior existían a lo largo del Egido, cinco depósitos, cajas de agua o aljibes, que se interconectaban entre sí. Estos eran identificados en el plano como «cañerías para las pilas de la ciu-

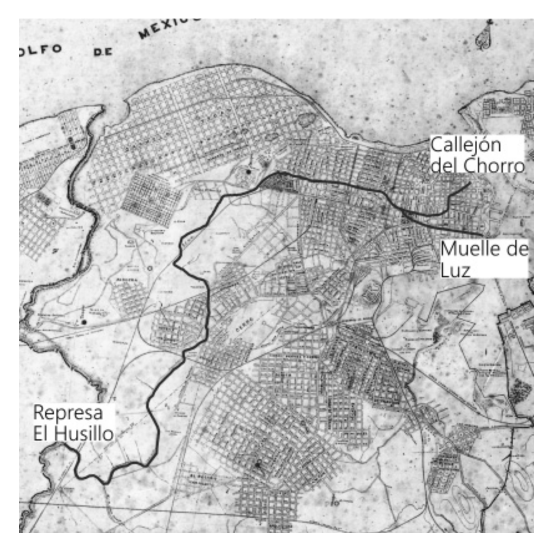
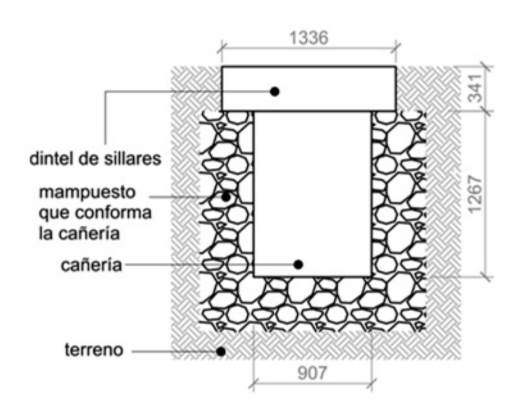


Figura 2
Plano de recorrido de la Zanja a partir del que aparece en el libro «La Habana Antigua y Moderna» (Torre, 1857). En este plano se prolongó el citado hasta la Represa del Husillo para mostrar la magnitud total de la Zanja. Imagen del Autor.

dad», recordar que para esta fecha las fuentes en las plazas y conventos eran los principales puntos para la toma de agua de la ciudad. El depósito más al sur se encontraba en la calle de Jesús María este corría por esta calle hasta la de Compostela y de allí hasta uno de los baluartes en la muralla de mar. Luego aparece otro en la calle de Luz, que daba agua a la Plazuela de Belén y de allí continuaba hasta un lugar conocido como San Pedro del Molinillo. Este ramal tuvo como particularidad que conducía el agua a través de troncos de caoba ahuecada, unidos por casquillos de cobre y recubiertos por obras de sillería. Durante el siglo XIX fueron descubiertos restos de este acueducto en la intersección de Ejido y Luz. (Toraya, 2001). Un sistema similar se utilizó en New York durante el siglo XVIII, que al igual utilizaba troncos de madera. (Simón, 1957). Otra caja estuvo ubicada en la calle Muralla desde la que partía una cañería hasta la intersección con San Ignacio atravesaba la actual Plaza Vieja dando agua a la Pila que allí se encontraba. Luego continuaba su recorrido a través de la calle Teniente Rey y se allí a Oficios hasta llegar a los muelles de San Francisco de Asís. Existía otro depósito en la calle Lamparilla desde donde partía una cañería hasta la fuente ubicada en la plaza de San Francisco.

En 1774 se construyó en el Husillo un depósito embaldosado y con compuertas de madera que formaba un depósito más regular y limpio. Esta Casa de compuertas era una pequeña construcción de muros de mampuestos de dos niveles, apoyaba sobre las riberas del Canal levantándose muros gruesos de mampuesto a cada lado sobre los cuales se levantaba el piso alto soportado por una gran «timba»[3] que cubría la luz entre los apoyos. Este espacio por donde corría el canal poseía una división central y a cada lado las compuertas. El mecanismo de izado se instaló en el piso alto.

El recorrido de la Zanja era descubierto en gran parte de la zona de extramuros, a manera de canal. A principios del s.XIX ya se utilizó el recorrido de la Zanja por el fondo de la Quinta de los Molinos para hacer funcionar allí el Molino de Tabaco. Esta fue una de las derivaciones más amplias del recorrido de la Zanja construyéndose para ello un paso en altura sobre una arcada de medios puntos por el cual tomaba nivel el agua que luego se hacía caer en las ruedas de los mencionados molinos. Parte de esta arcada que aún se conserva y permite apreciar una construcción que recuerda las estructuras de los acueductos romanos. Continuando con los usos industriales de la Zanja se conoce que hacia funcionar la «sierra de agua» del Arsenal de la Habana sobre 1748. En ese lugar se provocó un salto de agua de la Zanja que hacia girar una rueda vitruviana de paletas de gran tamaño. (Pereyra, 1998)



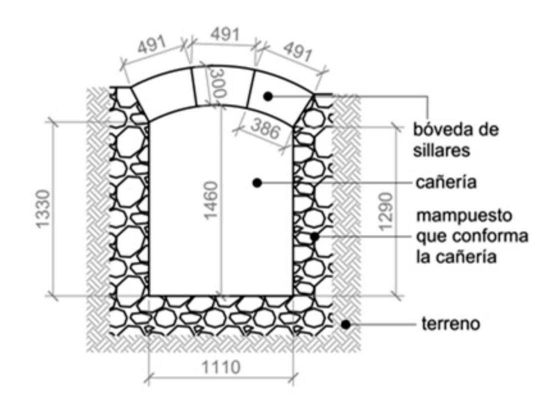


Figura 3
Secciones de las cañerías del interior de la Villa. A la izquierda propuesta de cañería para la zona de extramuros redibujado de un plano del S.XVII. A la derecha levantamiento realizado por el autor a los restos de una de las cañerías que se conserva en la calle de Teniente Rey, nótese la similitud de las dimensiones y se deduce que el dintel de la derecha por lo general debió construirse como la bóveda de la derecha.



Figura 4
Casa de compuertas en el Husillo. Imagen de 1926. Imagen del Antiguo archivo de Obras Públicas.

A lo largo del canal de la Zanja existían varias tomas de agua llamadas «pajas de agua». Estas consistían en un tubo de bronce de 3 pulgadas de diámetro y 12 de largo empotrado en un muro de sillería, hacia 1860 fueron contabilizadas 90 de ellas.

La represa del Husillo fue un elemento determinante en el buen funcionamiento de la Zanja. Fue reconstruida y reparada en diversas ocasiones, sirviendo incluso como presa auxiliar al acueducto de Fernando VII posterior a la Zanja. Durante 243 años (1592–1835) la Zanja Real fue el único acueducto que abasteció a la villa, aun después de la puesta en marcha de otros sistemas la Zanja siguió proveyendo de agua a zonas de la ciudad para fines de regadío e industriales.

El Acueducto de Fernando VII

Los costos de mantenimiento, la no siempre calidad de sus aguas y la necesidad del líquido en la ciudad impulsaron la propuesta de crear un nuevo Acueducto que sustituyera a la antigua Zanja. El nuevo acueducto comenzó su ejecución en 1831 y para 1835 estaban finalizadas las obras.

El acueducto de Fernando VII partía junto con la Zanja Real desde la represa del Husillo, al sur de Puentes Grandes. A partir de allí comenzaba a correr el agua por un caño descubierto de sillería, con una compuerta en medio para verter en los estanques, también descubiertos, de decantación. La obra fue dirigida por los Maestros Manuel Pastor y Nicolás Campos, su trazado mayormente rectilíneo tenía una longitud de 7500m hasta el recinto amurallado, penetrando por este a través de la Puerta de Tierra. El agua una vez que dejaba los estanques de decantación era conducida por una tubería de hierro de 18 pulgadas de diámetro hasta el barrio del Cerro y de allí disminuía a 14 pulgadas hasta la Muralla donde conectaba con la caja de agua que se encontraba en la Puerta de la muralla antes citada. Tenía un trazado recto desde la casa de filtros hasta la Calzada del Cerro y luego se adaptaba a la forma de las Calzadas del Cerro y de Monte hasta su entronque en los alrededores de la Puerta de Tierra.

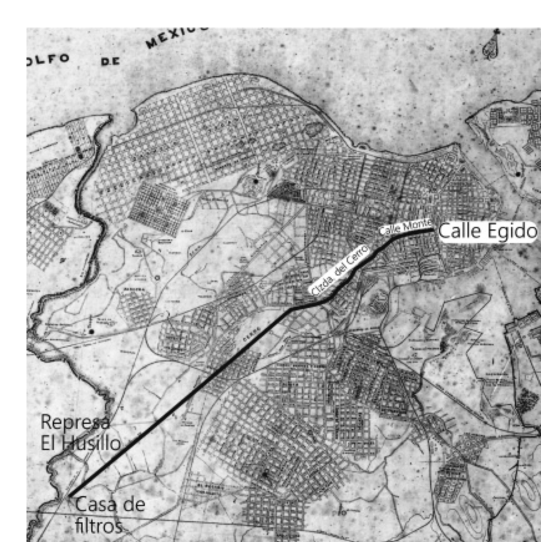


Figura 5
Plano del recorrido principal del Acueducto a partir de la superposición de varios planos y fuentes consultadas. Imagen del autor.

El deseo de dotar a la ciudad de una buena agua, impulso la construcción de una Casa de filtros. Las aguas del Almendares pasaban primeramente por un enrejado para eliminar los sólidos flotantes. El agua continuaba su cauce cayendo por una represa de 1.83m al primer estanque donde se filtraban por movimiento horizontal por tres capas verticales, com-

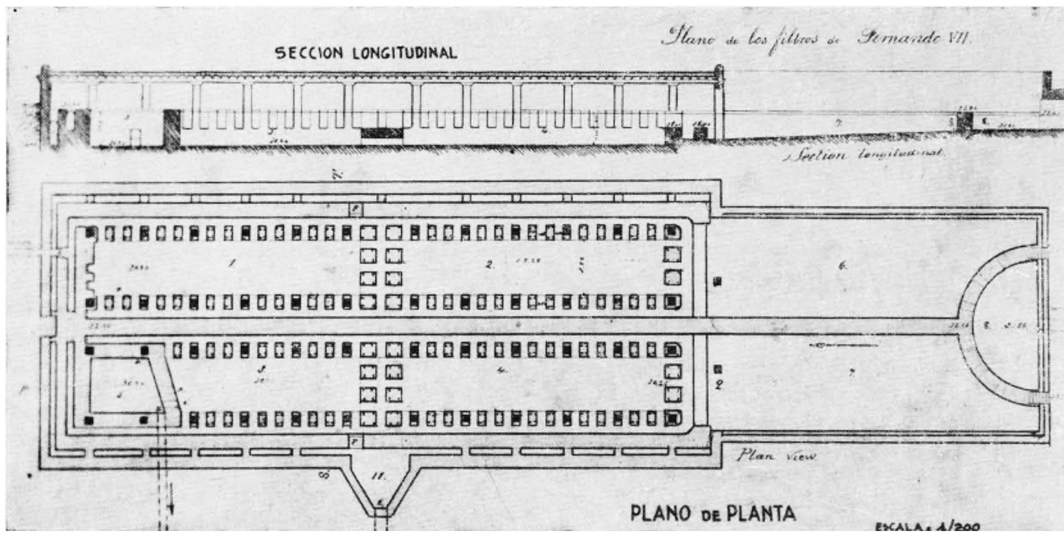


Figura 6
Plano de la casa de filtros donde se aprecia los depósitos de filtros y la salida. Imagen del Antiguo Archivo de Obras Públicas.

puestas las dos primeras por arena gruesa y la última de arena fina, mezclada alguna vez con carbón. Las tres capas tenían un espesor total de 0.91m. Luego de pasar por este primer estanque eran dirigidas a un segundo dividido en cuatro partes. A pesar de los trabajos y esfuerzos el agua en época de seca llegaba pura y cristalina, mas en época de lluvia era turbia y de mal sabor (Pezuela, 1863).

El acueducto debía dotar a la ciudad de 40 000m^3 diarios pero un mal cálculo en el diámetro de las tuberías y los descensos disminuyó la cantidad de agua entregada a solo 3850m^3. Por ello el nuevo acueducto se utilizó solamente para el abasto del agua potable manteniéndose el uso de la Zanja para el resto de las necesidades de la ciudad. Si bien no logró sustituir el uso de la Zanja, el nuevo acueducto permitió la instalación de «pajas de agua» en casas, así como cubrió la existencia de puntos para sofocar los incendios que frecuentemente se daban en la villa. El ornato público también se vio favorecido con la construcción de dos fuentes de mármol labradas en Génova. Una de ellas la de «La India» o de «La Noble Habana» se ubicó en la alameda de Isabel II. Hacia 1841 y así se registra se conectó un ramal que partía desde Monte y San Nicolás hasta la calle Campanario y de allí hasta San Lázaro. En su recorrido abastecía 70 casas y cinco fuentes públicas. El Acueducto fue el primero en utilizar tubos de hierro fundido en Cuba, estos se importaron de Filadelfia, Toraya nos detalla en su libro que el cargamento consistió en: …657m de tubería de 3´, 209m de 2´½, 36m de 1´½, 19 quintales de plomo, llaves y conexiones (Toraya, 2001).

En 1873 se activó el Primer Acueducto Municipal de La Habana, que estuvo a cargo del arquitecto Pedro Tomé, tuvo el propósito de abastecer la habana extramural, el Arsenal, la fábrica de Gas y las fuentes del Campo de Marte y del Parque Central. Las aguas fueron tomadas de la Zanja, construyéndose un edificio de madera dura en la intersección de Carlos III y Ave. de los Presidentes, en el cual se instaló una planta de filtros suministrada por la casa Fortín Hnos. y Cía., de París, que tenía una capacidad para filtrar diariamente 11840m^3. Desde la casa de filtros se trazaron las tuberías de 24, 22 y 18 pulgadas a través de Carlos III, Reina hasta el Campo de Marte. Este trazado sería utilizado posteriormente por Albear en su acueducto.

En siglo XX a raíz de trabajos de mantenimiento y recambio se descubrieron parte del trazado del acueducto de Fernando VII. Esto permitió corroborar que los tubos de hierro estaban protegidos con obras de fábrica, cada tubo se asentaba sobre calzos de piedra de sillería.

El Canal de Isabel II o Acueducto de Albear

A partir de la segunda mitad del s.XIX la Habana experimentó un vertiginoso desarrollo nunca antes visto. El crecimiento de la ciudad de extramuros se prolonga a los barrios del Cerro, Jesús del Monte y comienzan las parcelaciones del Carmelo y el Vedado. Esta situación además del poco caudal del Acueducto de Fernando VII, impulsó al Ing. Francisco de Albear y Lara a la creación de un proyecto para la conducción de las aguas de los manantiales de Vento a la ciudad de La Habana. El objetivo del proyecto era dotar a la ciudad de la cantidad de agua suficiente que requería una urbe de este tipo, no solo para ese momento sino previendo su acelerado desarrollo. Dicho proyecto fue presentado por el Ingeniero en septiembre de 1857 a la Junta de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. Dicha junta dio el visto bueno al proyecto en diciembre del año antes citado, dejando claro una serie de inconformidades, requerimientos y consejos a seguir durante la ejecución de la obra. El 4 de noviembre de 1858 en Cabildo celebrado en la ciudad de la habana se aprueba el comienzo de las obras. Del Acta de ese día cabe destacar «…artículo primero: Queda aprobado en toda su extensión el proyecto de la conducción de aguas de los manantiales de Vento a la referida ciudad de la habana…conservándose sin prejuicio de la Zanja Real…» Es importante hacer énfasis en el valor otorgado al primer acueducto que habiendo tenido 339 años de explotación para esa fecha, continuaba ofreciendo beneficios a la ciudad. En este cabildo se aprobó solo la ejecución de la primera, de tres, etapas del acueducto; el cual consistía en traer las aguas desde Vento hasta la casa de filtros del acueducto de Fernando VII.

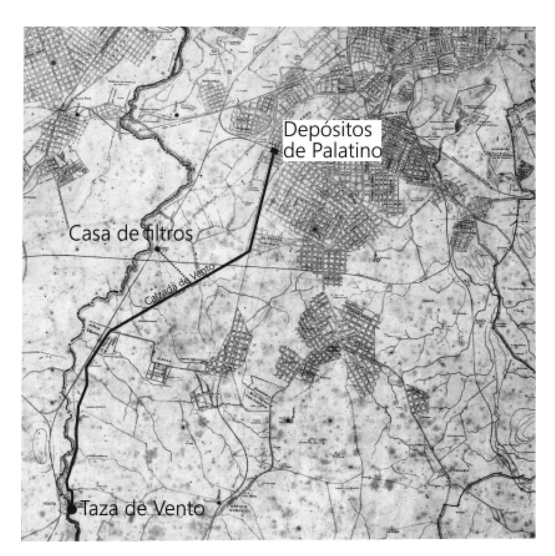


Figura 7. Plano del recorrido del acueducto de Albear desde la Taza de Vento hasta los Depósitos de Palatino, puede verse la derivación hacia la Casa de Filtros del de Fernando VII. Imagen del autor.

Taza y Canal hasta Palatino

El agua para esta nueva obra se tomó de los manantiales de Vento los que se localizan hacia el sur de La Habana. En este lugar emanaban cerca de 400 copiosos manantiales de un agua de excelente calidad y cantidad suficiente para proveer a la ciudad al nivel de las mejores ciudades del mundo. El proyecto una vez concluido debía abastecer 150.000m³ diarios a la ciudad lo que sería alrededor de 500litros por habitante. Para la colección de los manantiales y protección contra las subidas del río aledaño se construyó una gran Taza de mampostería de roca caliza conchífera de 10m de diámetro y 6m de profundidad. De allí partía un canal de sección circular que conectaba con el túnel que cruzaba por debajo del lecho del río Almendares. El canal en una porción era de mampostería hidráulica mientras que la bóveda de medio punto de 1m de radio era de ladrillo rojo en forma de cuña de 0.30m de espesor. El túnel bajo el río fue una de las pericias del Albear pues debió para ello modificar el cauce del río y entubar cierto manantial que descubrió durante la ejecución de dicha obra. Por el túnel corrían dos tuberías de hierro de 1m de diámetros que conectaban con un canal de mampostería de alrededor de 9.65km que vertía las aguas en los Depósitos de Patino. El túnel en su tramo principal se conformó con una bóveda de mediopunto de 4m de diámetro que arrancaba de los muros verticales apoyados en el fondo. En cada extremo se edificaron dos torres de sillería igualmente de piedra caliza conchífera las que contenían los canales de entrada y salida de los tubos de hierro.

El canal que conectó en un principio hasta la derivación hacia la Casa de Filtros del acueducto de Fernando VII y luego hasta Palatino tenía una sección ovoide en su parte inferior y cubierto por una bóveda

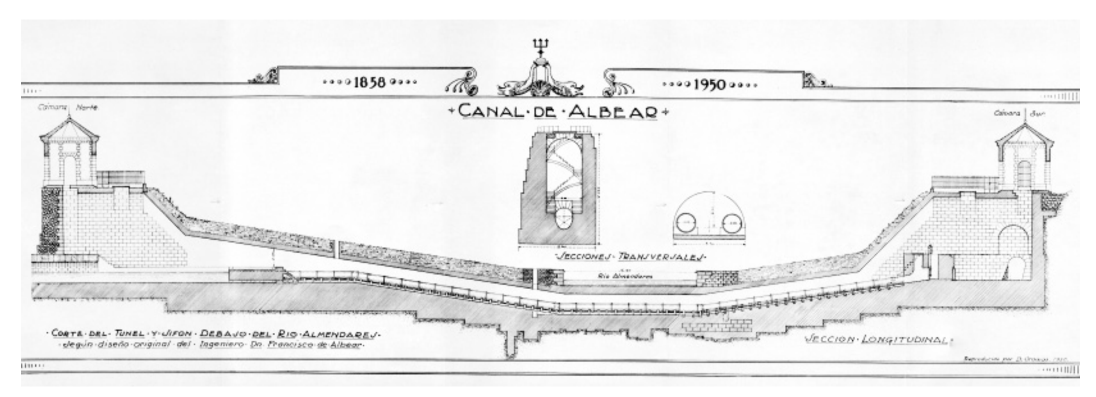


Figura 8
Sección del Túnel y Sifón bajo el río Almendares, reproducción de D. Oramas del original del proyecto de Albear. Imagen tomada del libro «Memoria histórico técnica de los acueductos de la ciudad de la Habana» (Simón, 1950)

de mediopunto. Se construyó la parte ovoide de mampostería hidráulica cuidadosamente revocada con mortero corriente de muy buena calidad. La parte superior por otra parte se fabricó de ladrillos rojos de Capdevila y Vento[4]. Albear proyectó además para este canal tres casas de compuertas intermedias de planta cuadrada para facilitar los trabajos de mantenimiento y limpieza. Asimismo, se construyeron 24 torres cilíndricas para registro e inspección, además para la debida circulación del aire dentro del conducto para lo cual dejo unas rejas-ventiladoras en la cúpula de coronación de las torres. El Canal del acueducto de Isabel II, se construyó de unos 2.44m de alto y un ancho de 2m, el área total de la sección es de 12.6m2. Tiene una pendiente 0.02% y una velocidad estimada cuando el agua llega al punto de arranque de los arcos de 0.74m/s.

En aras de comenzar a proporcionar a la ciudad de aguas de mayor calidad aun sin haberse terminado toda la obra en 1872, el canal, ya construido hasta un punto cercano a la casa de filtros del de Fernando VII, se derivaba hacia allí permitiendo abastecer entonces a la ciudad utilizando el antiguo acueducto.

Depósitos

Siendo la Tasa una de las principales obras del nuevo acueducto, así como su canal de conducción no deja de ser notoriamente importante los Depósitos de Palatino. Estos permitían recopilar el caudal que venía desde Vento y distribuirlo de manera práctica hacia las distintas zonas de la ciudad, teniendo siempre un reservorio para cualquier infortunio que pudiera suceder. Albear ubicó los mismos en un terreno comprendido entre la Calzada de Palatino, el Acueducto de Fernando VII, y el ferrocarril del Oeste. El agua llegaba a los depósitos con una altura de 35m aproximadamente lo que permitía el abasto posterior de la ciudad por gravedad. Estos se construyeron casi en su totalidad escavando en el lugar donde se ubicaron, compuesto por 2 grandes depósitos de 30 000m3 cada uno, el fondo fue ejecutado de hormigón y sus paredes de muros de contención de mampostería de 6.25m de altura medido desde el fondo. Estos muros tenían 0.85m de espesor en la parte superior y 2.05 en las bases. Los reservorios fueron pensados por el ingeniero de manera tal que su capacidad diera una reserva de 50L/persona por cinco días para una población de 250 000hab. La entrada de agua se regulaba por medio de una cámara de válvulas que permitía llenar ambos compartimentos a la vez, o llenar uno solo, o llevar el agua directamente a la cámara de válvulas de salida. La tubería de salida que alimenta la red de la ciudad era de 42¨ de diámetro y todas tanto la colectora como las redes principales eran controladas con válvulas. Los depósitos fueron pensados por Albear[5] en su proyecto inicial, cubiertos, como medida lógica en un país tropical. Según aparecen en los planos originales los depósitos tendrían en su interior una disposición de columnas de granito espaciadas a 6m desde sus ejes las que sostenían un

techo de hormigón en forma de bóvedas elípticas. El espesor del hormigón en la clave de los arcos era de 30cm. Sin embargo, no fue esta la única propuesta para techar los depósitos, pues Albear presentó otras tantas en aras de economía y ejecución sin embargo el tema fue tan dilatado que nunca se construyó tal techumbre. Cabe destacar que, aunque nunca se construyó dicha cubierta, si se ejecutaron los cimientos de la misma según el plano de Albear.

Para el hormigón de los depósitos se utilizó una caliza dura y cristalina, se pretendió usar arena sílice, pero al no encontrarse se sustituyó por una calcárea muy limpia y de buen grano; el cemento utilizado fue Portland inglés, cuando este escaseaba se sustituyó por otro similar de importación y por americano. Se tuvo sumo cuidado en el humedecimiento [fraguado] del hormigón pues una obra así lo requería, la dosificación empleada fue una parte de cemento por tres de arena y seis de piedra [1:3:6].

En las obras de albañilería se utilizó piedra del tipo caliza coralina y conglomerado calizo extraídas de una cantera cercana a las obras. El mortero de revestimiento de las paredes del depósito estaba compuesto por una parte de cemento, otra de arena y una de cal [1:1:1], mientras que el fondo utilizó una dosificación de 1:2. Las obras culminaron en enero de 1893, inaugurándose oficialmente el día 23 del propio mes. El costo final de los Tanques de Palatino fue $556,486.51 dólares americanos.

Para las maniobras, ubicación de compuertas y tomas de agua, Albear proyectó y así se construyó un sólido edificio de cantería, elegante en su composición neoclásica y que se eleva de manera monumental entre los depósitos.

Figura 9
Sección del muro que divide los depósitos mostrando el Canal de Albear en la parte superior y el túnel de inspección en la parte inferior. Imagen tomada del libro «Memoria histórico técnica de los acueductos de la ciudad de la Habana» (Simón, 1950)

Red de distribución

Desde los depósitos de Palatino partía la red principal con la «maestra» de 42 pulgadas la cual derivaba ya hacia el interior de la ciudad en otra red de 20 pulgadas y de esta al entramado de redes domésticas,



Figura 10
Imagen de 1926 donde se aprecia el edificio neoclásico en un segundo plano construido para albergas las compuertas. Imagen del Antiguo Archivo de Obras Públicas.

servicio, etc., de tuberías de 12, 8 y otras menores, todas de hierro fundido. En 1894 se comenzó la distribución a través de una tubería de 12 pulgadas del nuevo reparto el Carmelo, abasteciendo así el acueducto no solo a la antigua Villa y sus extramuros más cercanos sino también al naciente crecimiento hacia el Oeste. Albear igualmente aprovechó partes del trazado existente –acueducto de Fernando VII– para conducir por él las aguas del nuevo.

El Acueducto de Isabel II, luego rebautizado como de Albear fue y es una joya constructiva y de la ingeniería civil cubana. Recibió premios en la Exposición Internacional de Filadelfia en 1876 y en la de París de 1878. Fue la primera obra en Cuba en utilizar el cemento Portland (Toraya, 2001).

Conclusiones

A lo largo de cuatro siglos de gobernación española, La Habana, tuvo tres importantes abastecimientos de agua, que se sucedieron en el tiempo, mas, en uso se solaparon. La Zanja Real fue una obra rustica que, aunque si proporcionó durante centurias a la ciudad, sus aguas nunca tuvieron la calidad suficiente para el consumo diario. Para ella se ejecutaron canales, puentes y alguna que otra obra de menor envergadura. Por lo general se utilizó la piedra, la madera y el bronce. Siendo muy eficaz para las estancias y cultivos de la Habana extramuros. En la búsqueda de dar a la ciudad del siglo XIX, la cual estaba teniendo un desarrollo vertiginoso, se ejecutaron las obras del acueducto de Fernando VII. Pionero en el uso de tuberías de hierro fundido, el uso de filtros para purificar las aguas pero que en su tramo inicial contó con errores de cálculo, por lo que el abasto se quedó por debajo de las necesidades de la villa. En ambos casos, la Zanja y el Acueducto de Fernando VII, tomaban sus aguas desde el río Almendares el cual siempre tuvo el contratiempo de sufrir crecidas, desbordamientos y demás hechos que atentaban contra la calidad de sus aguas. Por esa razón el nuevo acueducto que se sucedió, comenzó por cambiar la toma de agua a los manantiales, estudiados con antelación y que brindarían un excelente líquido a la ciudad. Es así que nació la obra ingenieril más conocida del período colonial cubano, el acueducto de Albear. Las obras para él utilizaron cuanto material novedoso se conocía, sin dejar a un lado la vasta experiencia en las obras de fábricas de los ingenieros militares. Se construyeron canales, conductos, depósitos, vías, caminos, edificios, casetas, etc. Se utilizó la piedra, el hierro fundido, el cemento Portland, ladrillos de la mejor calidad, así como morteros hidráulicos. Todas las obras tienen como elemento en común que fueron trazadas y ejecutadas por ingenieros militares, de allí que compartan elementos distintivos como la calidad de las obras de fábrica. El acueducto de Albear trascendió en el tiempo, sufrió mejoras y ampliaciones y brinda aun hoy el 20% del agua de una ciudad de más de 2 millones de habitantes.

Notas

1. Francisco de Calona, terminó las labores de la Fuerza en 1582, intervino en los criterios y trazados de la Zanja Real y fue el Fundador de la Escuela de Maestros Canteros.
2. Fue el profesional de mayor reputación que trabajó en Cuba en el siglo XVI. Vino en 1589 para construir el Morro y La Punta. Comenzó y dejó encaminadas ambas obras y terminó la Zanja Real, modificó en algunos tramos su trazado y la reforzó. Por antagonismos con el Gobernador solicitó su traslado, que le fue concedido por el Rey en 1594, cuando alegó su quebrantada salud.
3. Se conoce en Cuba en las construcciones coloniales al elemento de madera a manera de viga plana que salva la luz de un vano a modo de dintel.
4. Era el principal tejar de La Habana y el más moderno de su tipo. Hacia 1890 producía diariamente 15mil ladrillos macizos y 8mil ladrillos huecos (Toraya, 2001).
5. Para la fecha en que se construyeron los dépositos, 1890, el Ing. Albear ya había fallecido (1887) y los trabajos se le contrataron a la firma americana Runkle, Smith & Co. Albear planteaba en la Memoria Descriptiva de su proyecto que el techo de los depósitos no se ejecutaría, pero si las cimentaciones del mismo.

Lista de referencias

Autores, V. (1993). *Obras hidráulicas en América Colonial.* Madrid: Tabapress, s.a.

Directorio de Artes, comercio e industrias de la habana. (1859). Habana: Litografía de L.Cuesta.

Pereyra, O. O. (1998). *El Real Arsenal de La Habana.* La Habana: Letras Cubanas.

Pezuela, J. d. (1863). *Diccionario geográfico, estadístico, histórico, de la Isla de Cuba* (Vol. 3). Madrid: Imprenta del Establecimiento de Mellado.

Simón, A. F. (1950). *Memoria histórico-técnica de los acueductos de la ciudad de la Habana.* La Habana.

Simón, A. F. (abril de 1957). La traida de las aguas del rio la Chorrera al puerto y villa de La Habana. *Ingeniería Civil*, 219–237.

Toraya, J. d. (2001). *500 Años de Construcción en Cuba.* La Habana: Chavín.

Toraya, J. d. (2011). *Las siete maravillas de la ingeniería civil cubana.* La Habana: Editorial Científico-Técnica.

Torre, J. M. (1857). *La Habana Antigua y Moderna.* Habana: Imprenta de Spencer y Compañía.

Weiss, J. E. (2002). *La Arquitectura Colonial Cubana. Siglos XVI al XIX.* La Habana - Sevilla: Junta de Andalucía.

El análisis arquitectónico de las masías fortificadas del Maestrazgo como documento histórico

Beatriz Martín Domínguez
Miguel Sancho Mir

La masía goza de una fuerte presencia en la geografía maestracense, que remite al origen medieval de su singular estructura territorial, en la que, ya en la época de dominio de las órdenes militares, se presenta como el elemento articulador idóneo de ese hábitat disperso que se estableció en las vastas extensiones de abrupta orografía que se extienden entre las villas, además del sistema óptimo de explotación de sus recursos. Se trata de un modelo importado por los repobladores del norte que juega un papel fundamental en el proceso de ocupación del espacio intercalar de la red de aldeas ya relativamente consolidada tras la conquista cristiana (Ibáñez 2007, 164) (figura 1).

De entre el conjunto de masías maestracenses llaman poderosamente la atención algunas de ellas, debido a la presencia de una torre, tipología que, más allá de su mera funcionalidad militar, se inserta con un papel destacado dentro de la semiótica del poder. Torres que, en este caso, son ante todo el edificio principal de una masía, unidad de vertebración del territorio en la que coinciden el lugar de residencia con una unidad de producción (Ruíz 2007, 227), en la que la explotación agropecuaria es la función principal.

Las masías fortificadas no son un fenómeno limitado a la geografía de la actual comarca del Maestrazgo turolense sino que se extiende por las comarcas vecinas del sureste de Teruel y el norte de Castellón, difícilmente separables desde la perspectiva histórica, Valencia y Cataluña (Ibáñez y Casabona 2013, 34). Un fenómeno que se relaciona con el proceso de señorialización del territorio cristianizado, que en Aragón es perceptible desde el siglo XIV (Guitart 1965, 39), por el que los castillos se convierten en lo que había sido el castillo feudal europeo unos siglos antes: una residencia señorial desde la que se ejerce el poder y sistema de organización del territorio (Gil 2013, 105). Castillos que finalmente quedarían reducidos a torres señoriales, como exponente del señorío, con las que Guitart asocia a los aislados *mases* de las sierras turolenses próximas a Levante (Guitart 1965, 49). En este caso vinculadas a las pequeñas élites de este entorno rural que supo beneficiarse de la convulsa situación de los últimos siglos bajomedievales, insertándose en los circuitos comerciales de la Corona de Aragón (De la Torre 2012), personajes en todo caso afectos al señorío, pues este tipo de construcciones estaban limitadas por las disposiciones forales en las que se prohibía la construcción de fortificaciones particulares dentro de cualquier señorío, salvo que se contase con la autorización del señor, tal y como recoge la compilación de Vidal de Canellas *De munitionibus Construendis* en su libro VII, capítulo 26 (Ibáñez y Casabona 2013, 34).

No obstante, ya desde el primer acercamiento al estudio del corpus de masías seleccionado, es manifiesta la diferencia en la calidad arquitectónica entre las distintas torres, lo que lleva a pensar que no todas se pueden englobar dentro del mismo fenómeno social. Ya Diego Mallén establece una clasificación en la que diferencia las *masías torreadas* de las *torres*

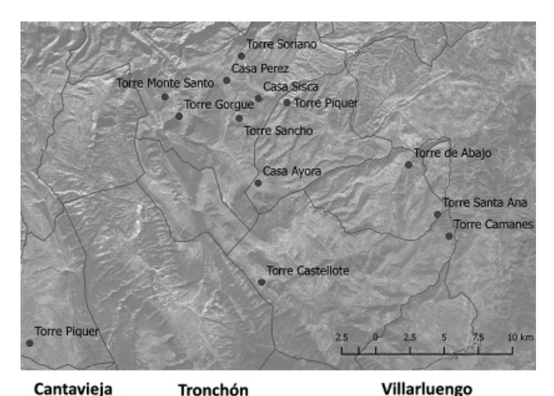


Figura 1
Mapa topográfico con la delimitación de los términos municipales y la ubicación de las masías objeto de estudio. (Elaboración propia)



Figura 2
Fotografía de Torre Piquer, ubicada en el término municipal de Tronchón. (Elaboración propia)

fortificadas en base a la peor calidad de las primeras ante las segundas, lo que relaciona con la posible posterior cronología de las torreadas, que copiarían algunos elementos estéticos de las fortificadas, que data entre los siglos XIV y XVI (Mallén 2008, 18). Cronología que encaja con la fecha en la que ha sido datada la Torre del Puerto, de Puertomingalvo, primera referencia que se ha hallado de una masía fortificada dentro del señorío episcopal zaragozano: entre la documentación del arzobispado aparece una referencia de 1346 en el que la mitra zaragozana concede permiso al infanzón Jimeno López de Luna para construir una casa y torre en su infanzonía en Puertomingalvo (Ibáñez y Casabona 2013, 34) (figura 2).

Se considera fundamental la adecuada caracterización de la tipología de masía fortificada maestracense a estudiar en la presente investigación, pues es un punto de partida básico para que sea asumible un estudio que supere las fronteras de la actual comarca del Maestrazgo turolense y se extienda a un ámbito geográfico más amplio.

Para lograr el conocimiento necesario que requiere la caracterización de la tipología es imprescindible utilizar una adecuada metodología de documentación, en la que el análisis de la arquitectura, que siempre es una fuente esencial, es aún si cabe más relevante en la presente investigación debido a la escasez de fuentes documentales.

Metodología

En este caso se partía de la necesidad de documentar el conjunto patrimonial como parte del método investigador, pero también como resultado, pues la documentación generada constituiría un testimonio fundamental en caso de la desaparición de alguna de las estructuras que lo componen. Así, teniendo en cuenta este condicionante, además de las herramientas disponibles para su desarrollo y las características del medio físico, se ha desarrollado una metodología estructurada en cuatro fases[1]:

Planificación y documentación previa

El trabajo comenzaba por el análisis de la documentación recopilada en relación con el conjunto arquitectónico a investigar. El estudio de las referencias documentales ha permitido un conocimiento previo suficiente para forjarnos una idea sobre los aspectos en torno a los cuales debía centrarse el análisis arqui-

tectónico. Aspectos que han sido extraídos y reflejados en una base de datos que facilita el posterior análisis comparativo e incluye información relativa a sus características arquitectónicas, como son su posible distribución funcional y circulaciones originales, sus propiedades geométrico-dimensionales, sistemas constructivos y elementos singulares, entre los que se pone especial atención a los de aspecto defensivo; además de una valoración previa de su estado de conservación. Con el objetivo de registrar la información a introducir en la base de datos, se han diseñado unas fichas a completar durante la toma de datos *in situ*.

Previamente al desplazamiento al área de estudio, se ha comprobado, además, la ubicación geográfica de cada una de las masías mediante el visor cartográfico.

En esta fase ha sido, además, fundamental establecer el contacto con los agentes locales que facilitaran el acceso a las masías, puesto que todas ellas son de propiedad privada, que además constituyen una fuente de documentación de valor inestimable.

Trabajo de campo

Tras una primera exploración de reconocimiento general, se procedía a realizar el levantamiento arquitectónico de los edificios seleccionados para ser estudiados en profundidad, mediante el sistema tradicional de dibujo de croquis y toma directa de medidas.

Los croquis no sólo representan los aspectos de carácter geométrico-formal, sino que reflejan, mediante las anotaciones oportunas, aquellas observaciones realizadas in situ que permitan esclarecer la evolución constructiva de los edificios. Este sistema se entiende fundamental en cualquier análisis arquitectónico, puesto que implica un contacto con el edificio tan intenso que proporciona un conocimiento imposible de conseguir mediante la utilización, únicamente, de sistemas indirectos. No obstante, presenta algunas limitaciones derivadas, principalmente, de la dificultad para tomar las medidas de los elementos más inaccesibles, además de la lentitud del método si se desea obtener una representación precisa de las superficies. Precisamente, estas son las principales ventajas que se han encontrado en la utilización de la restitución fotogramétrica como complemento al método tradicional, puesto que permite la obtención de la geometría completa de la totalidad de los elementos registrados en las fotografías, con un breve registro métrico, además de que la fotografía es el soporte ideal para realizar el análisis de la estratigrafía constructiva del edificio.

Por otra parte, en esta fase, se han recogido algunas muestras de piedra del entorno de Torre Gorgue, además de algunos fragmentos de revestimientos y falsos techos desprendidos de otras torres, para proceder a su posterior análisis en el laboratorio.

Procesado y análisis

Esta fase comenzaba por registrar en la base de datos digital las notas tomados en campo, aunque algunos de los campos no han podido ser completados hasta haber finalizado el proceso de levantamiento arquitectónico.

Para poder llevar a cabo el análisis geométrico-formal y tipológico, se ha obtenido una planimetría completa, para lo que se ha realizado la puesta a escala vectorial de los croquis, que se ha complementado con la restitución fotogramétrica de la volumetría exterior de los edificios.

Para la representación de los alzados se han utilizado principalmente las ortofotos extraídas del modelo tridimensional, aunque en algunos casos, en los que la calidad del modelo no era la suficiente, se ha recurrido a la rectificación fotográfica de algunas superficies concretas. Los alzados así resultantes reflejan la información geométrica a la vez que la fotográfica; así, aspectos como el color, las texturas, fábricas, discontinuidades, fisuras, etc. quedan registrados en el momento preciso de su documentación, fundamental para el análisis constructivo y de estado de conservación.

En paralelo al levantamiento arquitectónico, se han analizado las muestras recogidas en la fase de trabajo de campo, en el laboratorio de materiales de la Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia (EUPLA)[2].

Elaboración de los resultados y conclusiones

Finalizada la fase de procesado, se ha procedido al análisis arquitectónico individualizado de cada una de las masías, realizado desde el planteamiento de la reflexión sobre un mismo edificio desde distintas perspectivas. Después de una aproximación a su em-

plazamiento, el análisis se detiene en la arquitectura, entendida desde la visión vitruviana del equilibrio entre función, construcción y belleza, con lo que se logra una reflexión ordenada. Se ha decidido reservar un apartado exclusivamente al estudio de los elementos defensivos, que aportan a la designación general de masía el calificativo de fortificada, por su relevancia en cuanto a la significación de la tipología.

Finalizado el análisis arquitectónico, se estaba en condiciones de elaborar un catálogo que posibilite la visión homogénea del conjunto de masías a través de un conjunto de fichas de lectura tipificada que permiten la documentación sistematizada de cada una de las masías. Las fichas muestran datos sobre la denominación, cronología, localización geográfica, los usos, la propiedad y el estado de conservación, además de aquellas características arquitectónicas más representativas que facilitan la lectura comparativa entre las masías catalogadas[3].

La utilización de la base de datos digital ha facilitado el análisis comparativo de distintos aspectos tipológicos, compositivos y constructivos concretos, que permite la correlación entre determinadas características arquitectónicas y su posible funcionalidad y cronología.

Resultados y discusión

Del total de las trece masías propuestas para el estudio inicial, se ha podido llevar a cabo la toma de datos completa de once de ellas. De la Torre de Abajo, en Mirambel, y de la Torre Castellote, en Cantavieja, sólo se han podido tomar algunas fotografías desde el exterior debido a que la falta de disponibilidad de los propietarios ha imposibilitado el acceso.

Del resto de masías, se ha podido realizar la toma de datos completa, de la que han resultado un total de sesenta y tres croquis, que se han complementado con las fotografías que se han tomado en la fase de trabajo de campo.

Tras un análisis preliminar de los datos registrados en esta fase, se consideró que las cualidades arquitectónicas de Casa Pérez, en Villarluengo, y de Casa Ayora, en Tronchón, no son comparables con las del resto de masías incluidas en el estudio, por lo que han sido excluidas del análisis comparativo.

De las nueve masías restantes se ha completado el proceso de levantamiento arquitectónico, del que han resultado sesenta y dos planos. Sólo después de este proceso se ha tenido el conocimiento necesario para poder llevar a cabo el análisis de los nueve casos de estudio seleccionados.

La base de datos digital se ha completado conforme se ha ido avanzando en las distintas fases de la investigación. Compuesta por datos concretos, ha facilitado un análisis comparativo objetivo según ciertos aspectos, que se relatan a continuación y han puesto de manifiesto lo variopinto de este conjunto patrimonial.

Actualmente, todas las torres se encuentran adosadas a edificaciones menores de distinta morfología, pero, tras analizar las relaciones constructivas entre ellas, se deduce que la mayoría de las construcciones se han levantado posteriormente a la torre, que se correspondería con el edificio más antiguo de la masía. En Torre Camañes, Torre Piquer —Tronchón—, Torre Santa Ana y Torre del Monte Santo, la lectura de las fábricas en las superficies de contacto entre la torre y sus edificios contiguos evidencia una vinculación directa original, tanto a nivel constructivo como funcional, con una de sus construcciones anexas, vinculación que también observan Ibáñez y Casabona (2013, 35) en las masías fortificadas de la comarca de Gúdar-Javalambre, justificada, en el caso de Torre Santa Ana y Torre del Monte Santo, por el hecho de que su acceso principal se ubique en planta baja, que necesariamente tendría que funcionar como zaguán, por lo que la edificación contigua albergaría, probablemente, las cuadras (figura 3). En el caso de Torre Camañes, la necesidad de ampliar su pequeña superficie en planta sería el argumento más claro. El resto de torres se levantarían como construcciones aisladas, o al menos sin vinculación directa con sus anexos.

Son torres de dos o tres plantas que, en algunos casos, presentan importantes transformaciones, pero aún es posible reconocer su configuración original, cuya distribución funcional recuerda a la descrita por Anderson (1972, 98) para las zonas destinadas a vivienda en los castillos medievales, formadas fundamentalmente por el salón, que sería el centro de la vida social, la cámara, donde el señor se retiraba a descansar, y la capilla. En el caso de las torres analizadas, la planta baja sería la más austera y estaría vinculada con usos agropecuarios o de almacenaje, excepto cuando el acceso principal se sitúa en este nivel, que tendría que funcionar como zaguán. La planta primera se corresponde con la planta noble,

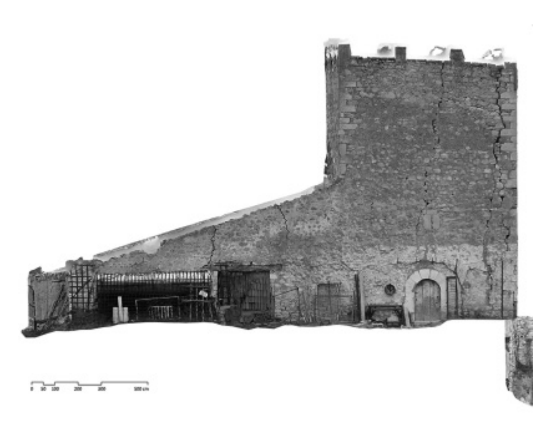


Figura 3
Alzado fotogramétrico de Torre Piquer, en Tronchón. (Elaboración propia)

que albergaría la sala de representación, espacio significado al exterior con una ventana de gran tamaño y cuidada talla que, normalmente, se corresponde con un cortejador. En los casos en que existe una segunda planta, esta estaría dedicada a usos residenciales de carácter más privado, como son las alcobas. Sólo Torre Sancho muestra evidencias claras de la presencia de una capilla, a través de la existencia de la pintura mural de temática religiosa que decora parte de los cerramientos de su segunda planta[4].

Por último, en la mayoría de torres existe, actualmente, un espacio bajocubierta que muestra evidencias claras de haber sido aprovechado como palomar en algún momento de su historia, función cuya incorporación a la torre puede considerarse como un elemento de prestigio en estos municipios en los que, como indican Ibáñez y Casabona (2013, 35) la posesión de palomas estaba restringida a la élite. No obstante, algunas de las torres que actualmente cuentan con un espacio útil destinado a palomar, como Torre Camañes, Casa Sisca o Torre Sancho, muestran huellas en sus fábricas de haber sido recrecidas, probablemente con el objetivo de posibilitar el uso del espacio bajocubierta, por lo que, probablemente, en origen no contarían con esta estancia (figura 4). Se desconoce la configuración original de las cubiertas, que en la actualidad son inclinadas en todos los casos.

En cuanto a la forma de acceso, en todas las masías analizadas, excepto en Torre Santa Ana, Torre del Monte Santo y Torre Piquer —Villarroya de los Pinares—, se han hallado dos puertas de acceso a distinto nivel, de forma que la principal permite la entrada directa a la planta noble, ubicada en el primer piso, lo que recuerda al modelo de las torre-homenaje que, como afirma Anderson (1972, 72), «por razones de seguridad sólo tenía una entrada situada a la altura del segundo piso». No obstante, en el caso de las masías analizadas, a la mayoría de puertas de primera planta se accede a pie llano, gracias al desnivel del terreno en el que se implantan. Sólo Torre Sancho, Torre Camañes y Torre Gorgue parece que pudieran tener el acceso principal en altura.

Visualmente, la torre destaca del conjunto edilicio como un volumen prismático cuya esbeltez varía entre la estilizada fachada de menor longitud de Torre Camañes, que presenta una relación aproximada de 2,6, o la también esbelta fachada sur de Torre Piquer

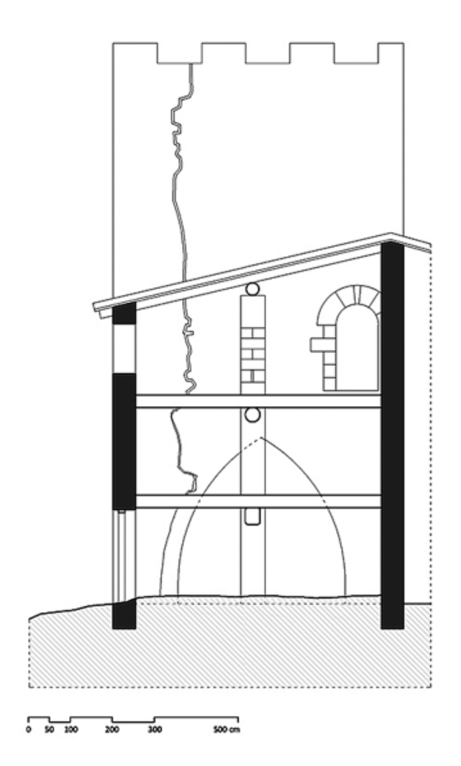


Figura 4
Sección de Torre Camañes, en Cantavieja, por el edificio anexo, en la que queda definida la morfología y posición de la puerta de acceso original a la planta primera de la torre. (Elaboración propia)

—Tronchón—, con una relación en torno a 2,3, y la prácticamente cúbica Torre Piquer —Villarroya de los Pinares—, cuya relación de esbeltez se aproxima a 1,2. La geometría dominante en planta es la rectangular, casi cuadrada, con lados que varían entre los 7 y los 8 m aproximadamente; sólo la Torre del Monte Santo y Torre Piquer —Villarroya de los Pinares— son un cuadrado perfecto en planta, casi perfecto en el caso de Torre Gorgue, que, con sus 9,2 m × 9,4 m, es la torre de mayor superficie; por su parte, Torre Sancho y Torre Soriano presentan plantas plenamente rectangulares, con dimensiones muy similares, en las que su lado corto es de unos 7 m y el largo de algo más de 10 m. En cuanto a la altura máxima de las torres, esta varía entre los 10 m de Casa Sisca o Torre Piquer —Villarroya de los Pinares— y los 15,5 m de Torre Santa Ana, prácticamente igual de alta que Torre Sancho o Torre Piquer —Tronchón—, cuya altura se sitúa en torno a los 15,3 m.

El aspecto de las torres es cerrado, hermético, lo que alude a su sentido defensivo, enfatizado con el remate almenado de sus muros. Sin embargo, la considerable magnitud de sus ventanas principales recuerda que la función principal de estos edificios es la residencial.

En la mayoría de casos estudiados no se aprecia una intención compositiva en el diseño de sus fachadas, sino que los vanos se abren de forma desordenada, probablemente en respuesta a las necesidades de la distribución interior de los espacios. El deseo de destacar una fachada principal, que concentra todos los elementos representativos, es manifiesto en Torre Santa Ana y Torre del Monte Santo, en las que las ventanas y acceso principales se alinean al eje de la fachada, además de otros elementos significativos como son un escudo nobiliario y una cornisa moldurada, en el caso de la Torre del Monte Santo (figura 5). Cabe mencionar, además, dos casos intermedios, en los que se observa una intención compositiva, pero no se destaca una fachada principal, son Torre Gorgue y Torre Piquer—Tronchón—.

En todo caso, más allá de la disposición de los huecos en los alzados, llama la atención la calidad de los vanos principales, aspecto que se repite en todos los casos seleccionados para el análisis arquitectónico, cuya talla muestra estilos característicos de distintos momentos constructivos. Se podrían destacar las ventanas geminadas de Torre Sancho o de Casa Sisca, que responden a la estética del gótico mediterráneo, o la gran ventana adintelada con alféizar moldurado de Torre Monte Santo que, con su cuidada talla, podría competir con los numerosos edificios palaciegos del XVI de las villas maestracenses (figura 6).

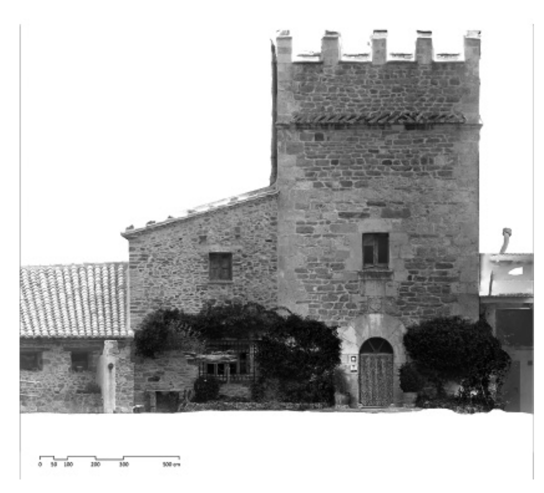


Figura 5
Alzado fotogramétrico de Torre Monte Santo, en Villarluengo. (Elaboración propia)



Figura 6
Ventanas geminadas de estilo gótico mediterráneo: izda. vano de Torre Sancho; dcha. vano de Casa Sisca, ambas en Villarluengo. (Elaboración propia)

En cuanto a los vanos de acceso, la composición más habitual es la de arco de medio punto hacia el exterior, mientras que al interior se abre, en unos casos, mediante la solución adintelada y, en otros, mediante arco escarzano. Muchas de ellas conservan su sistema de cierre original con alamud de madera. Cabe destacar, igualmente, la presencia de escudos nobiliarios en algunos de los casos estudiados, como en Torre Sancho o en Torre del Monte Santo, en ambos casos ubicados sobre el eje de la puerta de acceso principal, o en Torre Piquer —Villarroya de los Pinares—, que exhibe dos blasones, uno, de estética medieval, situado sobre la ventana principal y el otro, mucho más moderno, en la misma fachada.

En cuanto al sistema constructivo, todas las torres responden al modelo de muros perimetrales estructurales de fábrica de mampostería, reforzados con sillares en las esquinas y en los encuentros con los vanos principales, sobre los que apoya una estructura horizontal de vigas de madera.

El tratamiento de la fábrica de mampostería varía de forma considerable de unas torres a otras, tanto en el tamaño de los mampuestos, como en el nivel de talla, desde algunos casos en los que no muestran ningún trabajo, hasta otros en los que las piezas están labradas de forma tosca, a modo de sillarejos. Variación que también se observa en la talla de los sillares, principalmente en los que refuerzan las esquinas, que en algunos casos, como en Torre Soriano, es tan tosca que se han considerado sillarejos. No obstante, los sillares más trabajados se corresponden, en todas las torres, con los que configuran los vanos principales, en los que se utiliza un tipo de piedra de mayor calidad a la del resto de fábricas, que permite su trabajabilidad, facilitando el trabajo de cantería.

Muros que presentan una sección escalonada, como es habitual en las estructuras torreadas, de forma que, coincidiendo con el apoyo de los forjados, el espesor de muro se va reduciendo en altura. Si se comparan los espesores de muro en planta baja, se observa una importante variación de los aproximadamente 70 cm de Torre Camañes, espesor reducido, probablemente vinculado con su pequeña magnitud en planta, a los 106 cm de Torre Sancho, Casa Sisca o Torre Gorgue (figura 7).

En cuanto a los tipos de piedra utilizados, para las fábricas de mampostería, que constituyen la mayor parte de las superficies murarias, lo más probable es que se utilizara la piedra existente en las inmediaciones de la masía, por lo que encontramos cierta variedad, en ocasiones en un mismo edificio, principalmente entre la utilización de calizas, tipo de piedra dominante en el entorno, y areniscas. Mientras que, para configurar los sillares, se eligió un material de mayor calidad, para lo que se recurriría a piedra extraída de una cantera, probablemente, del entorno no muy lejano.

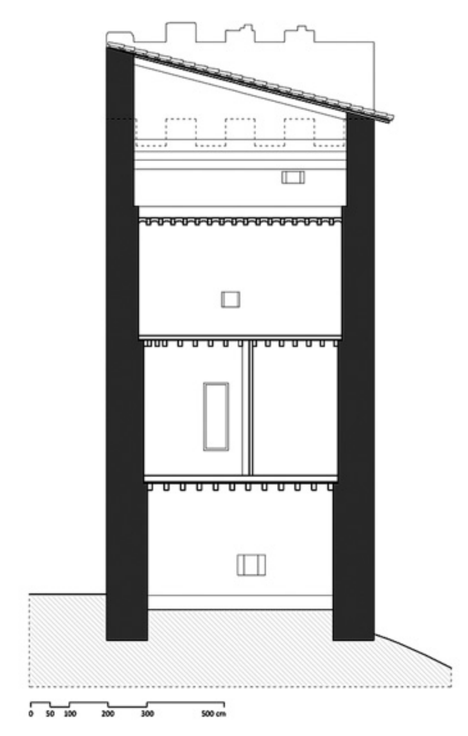


Figura 7
Sección de Torre Sancho, en Villarluengo. (Elaboración propia)

Las estructuras horizontales se conforman a base de vigas de madera que apoyan directamente sobre los muros, salvando la luz más corta, sobre las que apoyan los forjados a base de viguetas de madera y tablero, también lignario, como material de entrevigado, que, en algunos casos, se ha sustituido por revoltones. Esta estructura descrita de una forma genérica, presenta ciertas variaciones, ya que, en algunas torres, sólo hay un nivel de elementos lineales, de forma que el material de entrevigado apoya directamente sobre las vigas. La luz a salvar por las vigas

está en torno a los 500 cm, aunque en la planta primera de Torre Piquer –Villarroya de los Pinares– alcanza los 649 cm, salvada por vigas de sección rectangular de 46 cm de canto.

El caso de Torre Gorgue es singular, ya que el sistema de muros de piedra perimetrales se complementa con un arco diafragma rebajado, que divide la planta en dos partes iguales, reduciendo a la mitad la excesiva luz, de más de 700 cm, que tendrían que haber salvado las vigas de madera que soportan los forjados, en caso de no existir un apoyo intermedio. Esta estructura recuerda a la de la Torre del Puerto, de Puertomingalvo, investigada por el equipo del Seminario de Arqueología y Etnología Turolense (SAET) (Casabona et al 1985, 240) (figura 8).

Las cubiertas, actualmente, son todas inclinadas, en algunos casos, sobre pares de madera y, en otros, a la molinera, sobre correas, también de madera, excepto Torre Piquer —Tronchón—, que presenta una estructura provisional metálica debido a que se encuentra en proceso de restauración. No obstante, la mayoría de cubiertas muestran huellas de haber sido modificadas, por lo que el aspecto actual no es más que el resultado de las sucesivas reformas que han sufrido a lo largo de su historia, por lo que no se descarta la posibilidad de que algunas de las cubiertas originales fuesen planas, lo que habría permitido utilizar las almenas que rematan los muros con un sentido defensivo. Tras el análisis individualizado de cada una de las torres, esta opción parece más plausible en las estructuras de Torre Sancho, Casa Sisca y Torre Camañes que en las del resto de masías.

La componente defensiva merece ser tratada en profundidad, pues es el aspecto fundamental por el que este conjunto de masías merece distinguirse del resto de sus semejantes para acercarse a la tipología de casas-fuerte. Componente que parece ir diluyéndose conforme quedan atrás los conflictivos años bajomedievales. Así, Torre Sancho, identificada como una de las más antiguas, se presenta como una torre almenada de aspecto hermético y acceso principal en altura, con gruesos muros aspillerados, según un sistema bien desarrollado de saeteras, algunas de ellas orientadas, cuya posición parece responder al control del recorrido de aproximación a la torre; mientras que en Torre del Monte Santo el único elemento de aspecto defensivo es la propia torre almenada, en la que ni siquiera el remate parece responder a un uso

Figura 8
Sección de Torre Gorgue, en Villarluengo, paralela a los arcos diafragma sobre los que apoya el forjado. (Elaboración propia)

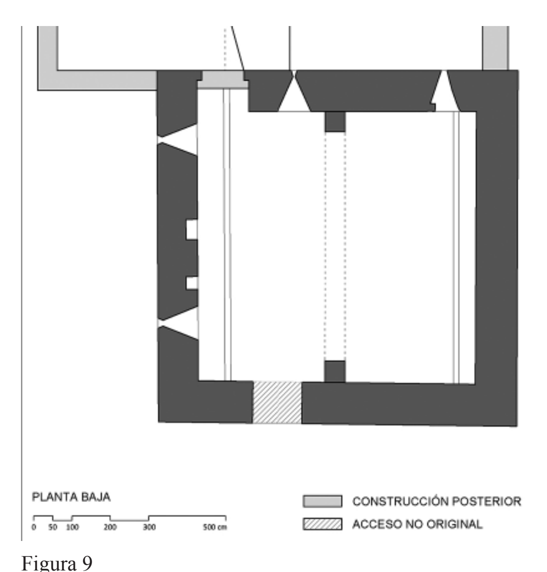


Figura 9
Planta baja de Torre Gorgue, en Villarluengo, con la disposición y geometría de sus aspilleras. (Elaboración propia)

militar, puesto que la escasa anchura de las almenas y su excesiva separación, unido a la falta de evidencias de la existencia de una primigenia cubierta plana, apuntan a su función ornamental, respondiendo a la dinámica a la que hace referencia Gil Crespo (2013, 174) en la que, a partir del siglo XV, los elementos defensivos se convierten también en elementos compositivos.

Cabe detenerse en el caso de Torre Gorgue, ya que, exceptuando las situadas sobre los vanos de acceso originales, todas las aspilleras presentan abocinamiento externo, característica que permite datarlas en fechas posteriores a la segunda mitad del siglo XIV (Mora-Figueroa 2006, 18) (figura 9).

Conclusiones

A pesar de la consabida dificultad en la utilización de la arquitectura como principal fuente de documentación histórica, en este caso, en el que el edificio es prácticamente el único testimonio existente, su estudio es fundamental. Para ello es necesario utilizar una metodología de documentación arquitectónica adecuada.

Tras la documentación del corpus de masías seleccionado, se ha corroborado la practicidad de utilizar una metodología que parte del levantamiento arquitectónico de los edificios a analizar. Para lo que la combinación del sistema tradicional junto con el fotogramétrico se ha revelado de gran utilidad.

De este proceso se han extraído multitud de datos concretos fiables, que han quedado reflejados en un catálogo y han posibilitado el posterior análisis comparativo según parámetros objetivos. El levantamiento arquitectónico ha sido, además, un procedimiento esencial en el método investigador, pues su desarrollo ha permitido el hallazgo de ciertos aspectos que habían quedado ocultos o desvirtuados a lo largo de la historia, como algunos de los vanos de acceso originales, la posición y morfología de antiguas cubiertas y remates, o la distribución de plantas en altura original, para lo que la lectura de las secciones murarias y sus cambios de espesor ha sido fundamental.

La lectura de las nueve masías documentadas que, finalmente, han configurado el corpus sobre el que se ha desarrollado el análisis comparativo revela un conjunto variopinto, pero con cierta uniformidad que permite que sean consideradas dentro del mismo fenómeno.

Las fortificadas destacan de entre el conjunto de masías del Maestrazgo por la calidad constructiva de su edificio principal, la torre, muy superior al resto, especialmente brillante en sus vanos principales que, con su cuidada talla, representan el elemento más singular que acerca esta tipología a las arquitecturas más cultas, ya destacable por su naturaleza torreada. Una tipología que entronca con la categoría de casa fuerte, en la que se hace uso de la arquitectura con estética militar como símbolo de distinción social, en este caso vinculada a la pequeña élite de este entorno rural ávida de diferenciarse de sus convecinos. Casas fuerte que se insertan en ese proceso de domesticación de las antiguas torres señoriales hacia el final de la Edad Media, que describe Gil Crespo (2013, 106–109), por el que, en ellas, prima el carácter residencial sin llegar a perder todos los elementos defensivos.

Son torres que derivan arquitectónicamente del tipo *donjon*, importado directamente desde Francia para la construcción de los primeros castillos cristianos en la Península (Gil 2013, 103), por el que, como dice Anderson (1972, 237), los españoles siempre han mostrado una gran debilidad, hasta el punto de denominarlo torre del homenaje. Torres que responden a las características que Guitart describía ya para las primitivas torres de los *castillos de torre y recinto* que los cristianos instalaron en las montañas algoaragonesas, en los que:

> La torre es [...] de gran esbeltez aunque de planta generalmente pequeña, y suele levantarse aislada en el centro de un tozal. Su aparejo es mampostería con revestimiento de sillarejo en las más antiguas (siglo XI) [...]. La puerta suele estar en alto, con acceso por escalera auxiliar, y es semicircular con dovelas. Hay saeteras y ventanas muy estrechas sin faltar, a veces, ventanas geminadas con parteluz. (Guitart 1986, vol.1:37)

Esta se aproxima a la descripción general que se podría hacer de las torres de las masías fortificadas maestracenses, aunque con algunas salvedades que se relatan a continuación.

No se puede afirmar que, en general, se levantaran aisladas, pues algunas de las torres analizadas muestran evidencias constructivas de haber sido construidas en conjunto con una edificación menor que complementaría su distribución funcional, en la que los espacios principales serían la gran sala, situada en la primera planta, la cámara y la capilla.

En cuanto a la forma de acceso, la mayoría presentan la puerta principal en planta primera, no obstante, no todos se pueden considerar accesos en altura debido a que, a la mayoría de ellos, se accede a pie llano gracias al desnivel natural del terreno, accesos que en todo caso se complementan con otro en planta baja. El acceso en altura se ha relacionado con un aspecto que denota arcaicidad, pues las torres que presentan su puerta principal en planta baja son aquellas que muestran una composición más moderna. Es precisamente en estos últimos casos en los que la componente defensiva parece haberse diluido, de forma que sólo permanecen algunos elementos defensivos como parte del repertorio ornamental que define la buscada estética militar; mientras, la compositiva alcanza el máximo exponente, de forma que Torre Santa Ana o Torre Monte Santo muestran fachadas principales claramente diferenciadas con los elementos representativos alineados a su eje de simetría.

Son estos últimos aspectos, junto con el lenguaje de las ventanas principales, o algunos elementos poliorcéticos, como la existencia de la deriva exterior en las aspilleras, las principales cuestiones a observar en el análisis de la arquitectura como fuente directa a investigar para clarificar la cronología de las torres, pues otros, como el número de plantas, la calidad constructiva de sus fábricas o los espesores de muro parecen relacionarse más con la capacidad económica del promotor más que a la antigüedad.

La horquilla cronológica parece partir del siglo XIV, al que podrían pertenecer Torre Sancho o Casa Sisca, las únicas masías de las que se ha hallado documentación escrita, por el momento, que evidencia que ya estarían construidas en la primera mitad del siglo XV[5], cronología corroborada por sus características arquitectónicas, que responden al lenguaje gótico mediterráneo, omnipresente en los territorios de la Corona de Aragón durante los siglos bajomedievales, y su marcado carácter defensivo. El ciclo podría cerrarse en el siglo XVI, con Torre del Monte Santo, cuya arquitectura muestra los rasgos característicos de las torres señoriales de la Edad Moderna, a través de su tipología de torre de planta cuadrada y porte esbelto, con una fachada principal diferenciada del resto con una clara intención compositiva; cronología ratificada por el estilo del cortejador de la planta noble, que se abre a la fachada principal con un vano adintelado de claro lenguaje renacentista, muy similar al que presentan los numerosos edificios palaciegos de las villas maestracenses. El resto de torres se podrían datar en fechas intermedias a los mencionados límites cronológicos.

Esta caracterización, fruto del análisis arquitectónico de un grupo reducido de masías ubicado en un entorno geográfico muy concreto, va a permitir ampliar el ámbito de estudio, de forma que la elección de los edificios a incluir en el catálogo de masías fortificadas maestracenses, instrumento de protección básico de cualquier conjunto patrimonial, se hará bajo un criterio claro.

Notas

En esta comunicación se pretenden presentar algunos de los resultados obtenidos de la investigación desarrollada entre los años 2015 y 2016 en el ámbito del trabajo al que se le ha concedido la Beca de Investigación «Comarca del Maestrazgo» en su convocatoria 2015–2016, ayuda concedida con el objeto de realizar el análisis arquitectónico de las trece masías del Maestrazgo turolense calificadas como fortificadas por Diego Mallén Alcón, en su investigación desarrollada en el año 2005 y publicada en 2008 bajo el nombre *Las torres fortificadas y masías torreadas del Maestrazgo* (Mallén 2008). Este trabajo se engloba dentro de una investigación más amplia, objeto de una tesis doctoral.

1. La metodología se encuentra desarrollada en profundidad en el trabajo de investigación desarrollado con objeto de la Beca de Investigación «Comarca del Maestrazgo» en su convocatoria 2015–2016.
2. El análisis lo ha llevado a cabo Pedro Luis López Julián, geólogo y profesor de la EUPLA, mediante la utilización de una lupa binocular para observar la estructura de los muestras, además de la comprobación del contenido en carbonato cálcico mediante disolución de ácido clorhídrico, con lo que se ha podido clarificar el origen y propiedades de los materiales.
3. Fichas, para cuyo diseño ha sido fundamental la revisión de la publicación del Colegio Oficial de Arquitectos de Castellón, del año 1986, que, bajo el título La catalogación del Patrimonio Arquitectónico en Castellón, muestra una cuidadosa reflexión sobre esta herramienta de protección.
4. De la Torre reconoce en las pinturas de Torre Sancho características formales propias del «segundo gótico lineal» e indica «una cronología que no parece ir más allá de mediados o tercer cuarto del siglo XIV» (De la Torre, 2012, 157).
5. De la Torre (2012, 129–130) identifica a Torre Sancho y Casa Sisca en sendos documentos que aparecen en los protocolos notariales de Villarluengo relativos a la

primera mitad del siglo XV, conservados en el Archivo Histórico Provincial de Teruel. En concreto, reconoce a Torre Sancho en un documento de compra-venta, que dice que el 11 de mayo de 1420, Pascual Muñoz, escudero, y su mujer, Gracia, ambos vecinos de Villarluengo, «transportaron todo el drecho que habemos en una torre sita al cabeço de Palomita, termino del dito lugar de Villarluengo» por 360 florines y 20 florines de adobos más a favor de Francisco Mercador, escudero de Las Cuevas de Cañart (AHPTE, notario Jaime Quílez, no 1.165). En cuanto a Casa Sisca, De la Torre la identifica en una cesión a treudo por Gil de Rueda a favor de su hijo Jimeno, ambos vecinos de Villarluengo, fechada el 20 de febrero de 1450 (AHPTE, sin notario, nº 960 (1450–1451), ff. 15v–16).

Lista de referencias

Anderson, William. 1972. *Castillos de Europa: de Carlomagno al Renacimiento*. Barcelona: Luis de Caralt.

Casabona, J.F.; E. Gargallo; E.J. Ibáñez, y J.J. Morales. 1985. Actuación de urgencia en el yacimiento Torre Agustín –Torre del Puerto– Puertomingalvo (Teruel). *Arqueología Aragonesa*, 5: 237–241.

De la Torre Gonzalo, Sandra. 2012. *Construir el paisaje: hábitat disperso en el Maestrazgo turolense de la Edad Media*. Zaragoza: Grupo de investigación consolidado CEMA/ Instituto de Estudios Turolenses.

De la Torre Gonzalo, Sandra. 2009. La decoración pictórica de Torre Sancho en Villarluengo (Teruel): un ejemplo de pintura mural del siglo XIV en una residencia aristocrática rural. *Artigrama*, 24: 307–320.

Gil Crespo, Ignacio Javier. 2013. *Fundamentos constructivos de las fortificaciones fronterizas entre las coronas de Castilla y Aragón de los siglos XII al XV en la actual provincia de Soria*. Tesis doctoral.

Guitart Aparicio, Cristóbal. 1965. *Castillos de Aragón: desarrollo histórico-arqueológico de los castillos y fortificaciones aragonesas*. Separata del Boletín de la Asociación Española de Amigos de los Castillos, 48: 41–87. Madrid: Asociación Española de Amigos de los Castillos.

Guitart Aparicio, Cristóbal. 1986. *Castillos de Aragón*. Vol. 1. Zaragoza: Librería General.

Ibáñez González, E. Javier. 2007. Las masías del Maestrazgo: la formación de un paisaje. En *Comarca de Maestrazgo, Colección Territorio, 27*, coordinado por E. Javier Ibáñez González, 163–177. Zaragoza: Diputación General de Aragón/ Departamento de Política Territorial, Justicia e Interior.

Ibáñez González, Javier y José Francisco Casabona Sebastián. 2013. *Castillos, Murallas y Torres. La arquitectura fortificada de la comarca de Gúdar-Javalambre*. Teruel: Qualcina. Arqueología, Cultura y Patrimonio, en coedición con el Centro de Estudios de Gúdar-Javalambre (Instituto de Estudios Turolenses).

Mallén Alcón, Diego. coord. 2008. *Las torres fortificadas y masías torreadas del Maestrazgo*. Teruel: CEDDAR y CEMAT.

Mora-Figueroa, Luis de. 1996. *Glosario de arquitectura defensiva medieval*. Cádiz: Universidad de Cádiz.

Ruíz Budría, Enrique. 2007. Presente y futuro del mas en el Maestrazgo turolense. En *Comarca de Maestrazgo, Colección Territorio, 27*, coordinado por E. Javier Ibáñez González, 227–236.

Zaragoza: Diputación General de Aragón/ Departamento de Política Territorial, Justicia e Interior.

Llop, E. ed. 1986. *La catalogación del patrimonio arquitectónico en Castellón*. Castellón: Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana, Comisión de Patrimonio.

El «castillejo general de andamiaje» en las obras de la Bolsa de Madrid (1886-1893)

Julio Martín Sánchez

EL palacio de la Bolsa de Madrid se levantó entre los años 1886 y 1893, según proyecto de Enrique María Repullés y Vargas (figura 1). De forma simultánea, la ciudad vio cómo se construían tres edificios emblemáticos para la actividad financiera: la Bolsa, el Banco de España y la delegación madrileña de la compañía de seguros La Equitativa. En ellos se manifiesta vivamente el deseo común de incorporar los últimos adelantos en servicios, como testimonio del progreso industrial del que las instituciones que los encargan eran protagonistas. En el caso de la Bolsa, esa voluntad queda manifiesta en el empeño de la Junta inspectora de las obras de que «los materiales que en el edificio se empleasen y los establecimientos industriales, artistas, maestros y operarios fuesen todos españoles» (Repullés 1894, 46). La aplicación de los avances tecnológicos a la construcción servía, así mismo, a un propósito económico: el abaratamiento de los costes por esta vía constituye un motivo de elogio constante en la crítica de arquitectura y obras públicas de la época.

La idea de progreso típicamente decimonónica afectará también a los medios auxiliares y equipamientos empleados en la construcción, que experimentan una transformación notable desde mediados del siglo. Las revistas especializadas, las grandes exposiciones industriales y la proliferación de tratados científicos y técnicos se encargaron de poner en circulación las innovaciones tecnológicas, que permitirán la incipiente industrialización del proceso constructivo. Uno de estos avances fue la aparición de grúas a vapor montadas sobre raíles, que se utilizaron tanto en las obras del Banco de España como en las de La Equitativa.

La irregularidad del terreno donde debía construirse la Bolsa, en la plaza de la Lealtad, condicionó tanto el proyecto como los medios con los que se construyó. El principal mérito de Enrique Mª Repullés en este edificio, se ha dicho, radica en su capacidad de adaptar el programa a las peculiaridades del solar (Navascués 1973, 290). Para edificarlo, el arquitecto hubiera deseado el uso de grúas móviles a vapor (Repullés 1894, 50), pero los más de 4 m. de diferencia de cota entre la fachada al paseo del Prado y el punto más elevado, la esquina de las calles Antonio Maura y Ruiz de Alarcón, impedían su empleo. En su lugar, el contratista de las obras de cantería y albañilería, José Villanúa y Mayral, dispuso unos sistemas de andamiaje y elevación de materiales que constituyen un caso singular en España.

En la Biblioteca de la Bolsa se conserva un álbum fotográfico, titulado *Construcción de la Bolsa de Madrid. 1886–1893*, con el que Repullés obsequió a la Junta inspectora.[1] Comprende un conjunto de 59 imágenes que se dedican a la reproducción de los planos del proyecto, la documentación gráfica del proceso de edificación y algunas vistas del edificio concluido. Como ocurre en muchos de los álbumes dedicados a otras grandes obras, andamios y grúas son un tema de atención preferente en el de la Bolsa. Un año más tarde, en 1894, el arquitecto publicaba *La nueva Bolsa de Comercio de Madrid*, en la Bi-



Figura 1
Exterior de la nueva Bolsa de Madrid. *La Ilustración Española y Americana*, 8 de mayo de 1893

blioteca del Resumen de Arquitectura que él mismo dirigía. El análisis comparado de ambas fuentes permite reconstruir con precisión los diferentes medios auxiliares empleados en las obras, así como sus fuentes, modelos y paralelos.

Descarga y movimiento de materiales

En el proyecto con el que se presentó al concurso para la construcción del palacio de la Bolsa, convocado en 1884, Repullés planteaba el uso de sillares de piedra como medio de dar un carácter noble al edificio. Escogió dos tipos distintos de piedra para las fachadas: «La cantería de granito, como más resistente, la proyectamos en zócalos, y la de piedra blanca, más fácil de tallar, para revestidos y ornatos» (Repullés 1884a). El granito finalmente empleado se extrajo de las canteras de El Berrocal, en la sierra madrileña, desde donde una línea férrea inaugurada poco tiempo antes, en 1883, lo transportaba hasta Villalba; la caliza fue traída desde las canteras de la sierra de Bateig, en Novelda (Repullés 1894, 46–47). Las condiciones facultativas fueron muy exigentes, tanto en lo relativo a la ejecución como a la calidad de los materiales. Aunque era muy frecuente que los medios auxiliares corrieran de cuenta de los contratistas, contempló un presupuesto de 25.000 pesetas para la adquisición de maderas destinadas a los andamiajes (Repullés 1884b). Esta decisión señala un interés manifiesto por disponer de andamios de buena calidad, que, libres de rebajas arriesgadas en la subasta, pudieran asegurar una ejecución correcta de la obra de cantería y albañilería.

Los talleres de cantería fueron instalados en un solar anejo a la construcción, desde donde los sillares eran conducidos, en carros de tracción animal, hasta una grúa pórtico fija situada ante el actual acceso principal de la Bolsa. Este artilugio es denominado en el álbum fotográfico de las obras como «cabrestante para descarga» (Repullés 1893). En realidad, no se trataba propiamente de un cabrestante, sino de un torno con engranajes accionado mediante manivelas, que iba anclado sobre el bastidor de una vagoneta. Ésta, a su vez, se desplazaba sobre unos raíles montados en las cumbreras de un caballete realizado con vigas de madera de escuadría considerable (figura 2). De una cadena de hierro accionada por el torno pendían las tenazas que servían para sujetar los sillares por presión, semejantes a un modelo presentado algunos años después en el tratado de construcción de Florencio Ger y Lóbez (Ger 1898, 579–580; lám. LXVII, fig. 2032). Uno de los dibujos que sirve de encabezamiento en la monografía sobre la Bolsa representa, entre motivos vegetales, este sistema de descarga (Repullés 1894, 17). El dibujo, realizado por D. Molina, delineante de la obra, se corresponde con una de las fotografías del álbum, que debió servirle de modelo (figuras 3 y 4).

Los sillares que descargaba esta grúa eran depositados, en el extremo opuesto del caballete, en unas vagonetas que se deslizaban sobre vías férreas. A través de ellas, podían trasladarse a cualquier punto del

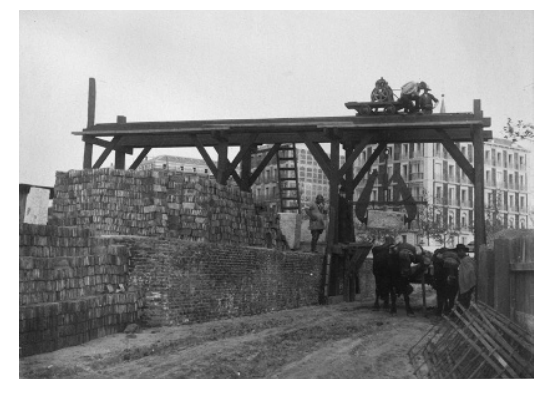


Figura 2
Cabrestante para descarga. 1887. Biblioteca de la Bolsa de Madrid

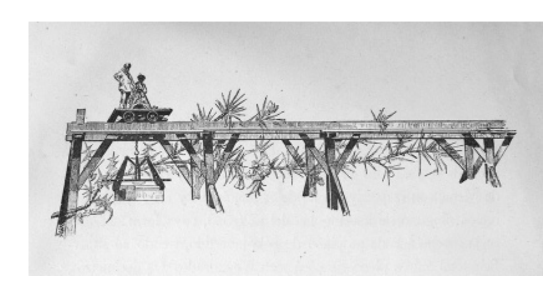
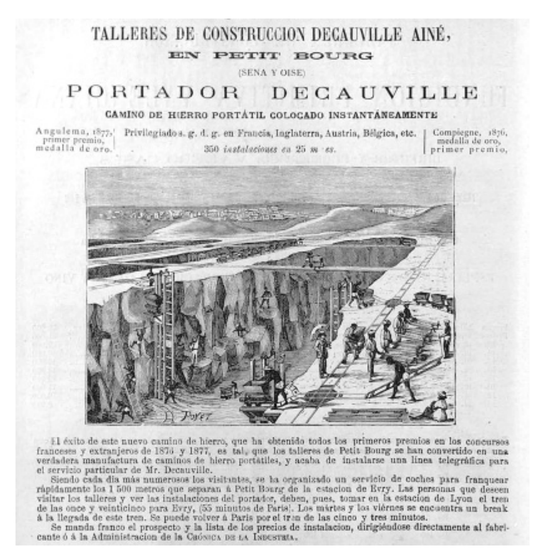


Figura 3
Ilustración del libro *La nueva Bolsa de Madrid*. D. Molina (Repullés 1894, 17)



Figura 4
Vista de la grúa de descarga de materiales. 1887. Biblioteca de la Bolsa de Madrid

edificio en construcción. Aunque este recurso para el movimiento de materiales en obras de importancia venía utilizándose desde varias décadas atrás, la novedad de las vías utilizadas en la Bolsa radica en su carácter portátil. Habían aparecido a mediados de la década anterior, cuando Paul Decauville, en el proceso de modernización de su explotación agrícola en Petit-Bourg, cerca de París, había ideado un sistema de vías portátiles que agilizara el proceso de transporte de los productos (Bailly 1999, 15–16). Aún antes de que las vías Decauville alcanzaran cierto impacto popular en la Exposición Universal de 1878, había aparecido una extensa nota en las páginas de los *Anales de la Construcción y de la Industria* donde se indicaba su utilidad y se hacía una cuidada descripción técnica de los elementos de los que se componía. Constaba entonces de tramos de vía de 5 metros de longitud, con una anchura de 40 cm, que se vendían a un precio de 4,75 francos el metro lineal, e iban acompañadas de plataformas de giro, pasos elevados y vagonetas de diversos tipos, según las necesidades del comprador (E. V. 1877, 342–344). El artículo se imprimió a junto a una de las entregas que Repullés estaba dedicando, en esa misma revista, a la construcción y mobiliario de edificios escolares. El hecho de que el arquitecto fuera el más fecundo colaborador de los *Anales* (Sáenz y García 2009, 33), permitió sin duda un conocimiento precoz de las vías portátiles Decauville que emplearía en la Bolsa, en un temprano ejemplo de uso en obras de construcción (figura 5).



TALLERES DE CONSTRUCCION DECAUVILLE AINÉ,
EN PETIT BOURG
(SENA Y OISE)
PORTADOR DECAUVILLE
CAMINO DE HIERRO PORTÁTIL COLOCADO INSTANTÁNEAMENTE

Angulema, 1877, primer premio, medalla de oro. | Privilegiados s. g. d. g. en Francia, Inglaterra, Austria, Bélgica, etc. 350 *instalaciones en 25 meses*. | Compiegne, 1876, medalla de oro, primer premio,

El éxito de este nuevo camino de hierro, que ha obtenido todos los primeros premios en los concursos franceses y extranjeros de 1876 y 1877, es tal, que los talleres de Petit Bourg se han convertido en una verdadera manufactura de caminos de hierro portátiles, y acaba de instalarse una línea telegráfica para el servicio particular de Mr. Decauville.

Siendo cada dia más numerosos los visitantes, se ha organizado un servicio de coches para franquear rápidamente los 1 500 metros que separan á Petit Bourg de la estacion de Evry. Las personas que deseen visitar los talleres y ver las instalaciones del portador, deben, pues, tomar en la estacion de Lyon el tren de las once y veinticinco para Evry, (55 minutos de Paris). Los mártes y los viérnes se encuentra un break á la llegada de este tren. Se puede volver á Paris por el tren de las cinco y tres minutos.

Se manda franco el prospecto y la lista de los precios de instalacion, dirigiéndose directamente al fabricante ó á la Administracion de la Crónica de la Industria.

Figura 5
Anuncio de las vías portátiles Decauville. *Crónica de la Industria*, 31 de mayo de 1878

Una grúa pórtico sobre raíles

La prensa especializada en obras públicas, industria y construcción comenzó a publicar las diversas aplicaciones de las grúas pórtico a partir de la década de 1840. En los años en los que se estaba edificando la Bolsa de Madrid, habían llegado a convertirse en un equipamiento frecuente en obras que exigían el movimiento de materiales pesados en gran volumen. Algún caso francés distinguido llegó incluso a la prensa

popular ilustrada española: apenas comenzado el montaje de la Torre Eiffel para la Exposición universal del año 1889, la revista barcelonesa *La Ilustración Artística* reproducía una nota del célebre divulgador científico Gaston Tissandier, más tarde autor de una conocida descripción de la torre parisina, *La Tour Eiffel de 300 mètres*, donde ampliará sus observaciones iniciales sobre el proceso constructivo. En 1887 decía:

> Se ha instalado el arsenal para el montaje, disponiendo ante todo lo necesario para recibir el transporte de los hierros: llegados de la fábrica, pasan al Campo de Marte por una grúa rodada que los descarga, los lleva y los deposita en el lugar donde deben tomarse y clasificarse. De allí parten cuatro vías diferentes, cada una de las cuales se dirige hacia una de las pilas de la torre, permitiendo llevar cada pieza al punto donde las máquinas de elevación deben volver a cogerlas. (Tissandier 1887, 448)

Esa «grúa rodante» que dio servicio a la construcción de la Torre Eiffel formaba parte de un sistema complejo, compuesto de un ramal ferroviario especial que daba acceso al Campo de Marte y de una serie de grúas pórtico, móviles y fijas, que permitían la descarga de materiales de construcción y, más avanzados los trabajos, de los objetos destinados a ser expuestos. La mayor parte de esas grúas comparte características formales con la usada en la Bolsa, que Enrique María Repullés denomina en su álbum «castillejo [...] para elevar los sillares» (figura 6). El término empleado por el arquitecto resulta ambiguo, pues, si bien aparece mencionado en los tratados de carpintería del último cuarto de siglo XIX como una estructura más resistente que el andamio de albañil corriente, útil «cuando las construcciones necesitan soportar materiales muy pesados», es catalogado siempre como un tipo de andamio fijo (Arias 1888, 415). Este castillejo de la Bolsa, en cambio, se desplazaba sobre raíles. Consistía en una grúa pórtico de gruesas vigas escuadradas de madera, que coronaba una plataforma abierta en su mitad y protegida por medio de un antepecho semejante a los pasamanos de cuatro pies de altura que exigía la normativa municipal sobre andamios como medida de seguridad (Marcos 1879, 109). En esa plataforma, y en sentido perpendicular al desplazamiento del pórtico, se deslizaba sobre raíles un vagón provisto de un torno de acción manual, en idéntica solución al caballete dispuesto para la descarga de materiales, aunque en éste



Figura 6
Castillejo y tenazas para elevar los sillares. 1888. Biblioteca de la Bolsa de Madrid.

el recorrido del carro era sensiblemente más largo. El funcionamiento de esta grúa era sencillo: una vez desplazada hasta el punto deseado sobre las vías Decauville, se elevaba cada sillar desde otra vía adyacente haciendo uso de las tenazas y se ubicaba sobre su punto de destino en el muro, donde, tras la preparación de una fina capa de mortero, era depositado cuidadosamente.

Como muestra el caballete de la Bolsa, las grúas pórtico no solo podían emplearse para la descarga de materiales pesados. La capacidad de mover los sillares en los tres ejes para su colocación precisa hizo que estas grúas fueran utilizadas con asiduidad en la edificación de obras públicas. Así, gran parte de los viaductos construidos durante el gran impulso que experimentó la red ferroviaria francesa durante el Segundo Imperio se levantaron mediante esta clase de grúas. Resultarán mucho menos fre-

cuentes, sin embargo, en la construcción de edificios de carácter monumental. El caso más llamativo, tanto por la complejidad de la obra como por su impacto mediático, fue la basílica del Sagrado Corazón en París. Una vez resueltas las muy costosas operaciones de cimentación a que obligaban las condiciones de la colina de Montmartre, en 1878 comenzó a ejecutarse el proyecto de Paul Abadie. Para las obras de la cripta, que se prolongaron hasta 1885, el experimentado contratista Pierre Riffaud dispuso un sistema de andamios muy aparatoso (Benoist 1992, 438–439). Consistía en unas enormes plataformas de madera elevadas al nivel del pavimento mediante potentes postes, que delimitaban exterior e interiormente los muros perimetrales de la cripta y de la iglesia que se construiría sobre ella. Por encima de esas plataformas iban montadas las grúas pórtico y los raíles que servían para el acarreo de materiales. Una vez que los muros alcanzaron la altura máxima de trabajo de las grúas, fue necesario ir levantando nuevas plataformas que permitieran ubicar las grúas en una cota suficiente para erigir los muros de la iglesia (figura 7).

La clase espectacular de andamiajes que dominaron la vista de Montmartre durante décadas, hasta convertirse en motivo recurrente para fotógrafos, literatos y pintores, solo podía resultar eficiente en obras que, como la basílica del Sagrado Corazón, exigían el movimiento de un volumen ingente de sillares. En el caso de la Bolsa madrileña, el uso de grúas pórtico móviles fue notablemente más discreto. El castillejo instalado por José Villanúa se movía también sobre raíles, pero no estaban elevados sobre plataformas, sino dispuestos sobre el suelo. Su empleo quizás se viera influido por el tipo de maquinaria utilizada para el movimiento de bloques de piedra, pues tanto las canteras como los cargaderos de las estaciones ferroviarias usaban las grúas pórtico para sus operaciones. El mismo Repullés se referirá expresamente al conocimiento en estas materias que había poseído el contratista, fallecido apenas estuvieron concluidas las obras: «trasladóse a Villalba y Novelda diferentes veces, adquirió el uso de las canteras, arregló caminos, llevó allí elementos de carga y transporte e instaló talleres de cantería, mármoles, carpintería y herrería» (Repullés 1894, 50). No obstante, las fuentes más cercanas para la forma básica del castillejo móvil de la Bolsa se encuentran en los andamios móviles descritos en la tratadística contemporánea. Mientras que las grúas pórtico de uso industrial, en todas sus variantes, se caracterizan generalmente por una acusada tendencia a la horizontalidad, siendo su luz más amplia que su elevación, el pórtico de la Bolsa presenta, en cambio, una estructura troncopiramidal de proporciones semejantes a las de los «andamios correderos o transportables» que aparecen, por ejemplo, en la *Carpintería antigua y moderna* de Federico Arias y Scala (1893, 1, 421–422; 2, láminas 265–267). Las principales diferencias con estos andamios se derivan del uso específico del castillejo de la Bolsa como grúa para la instalación de sillares, que obligaba a hacerlo transitable por su base, de modo que pudiera desplazarse a lo largo del muro, y a dotarlo de sistemas de elevación móviles.



Figura 7
Construcción de la basílica del Sagrado Corazón sobre la colina de Montmartre. Louis-Émile Durandelle. 13 de mayo de 1884. Ville de Paris / BHVP / Roger-Viollet. PM-70-0019

Las fechas que incluye Repullés al pie de algunas fotografías del álbum dedicado a la Bolsa permiten situar el empleo de esta grúa tan solo durante el año 1888. Esta datación coincide con el periodo de ejecución de las obras de cantería de la planta baja. Tras la celebración el 15 de noviembre de la subasta del resto de la cantería y la albañilería, relativa a los pisos superiores, el castillejo cesó en su función. Desmembrado, acabó siendo adosado al sistema de andamios levantado a continuación y utilizado exclusivamente para la descarga de sillares (figura 8).



Figura 8
Operación de descarga de sillares en la obra. 12 de septiembre de 1889. Biblioteca de la Bolsa de Madrid



Figura 9
Andamios en construcción desde la calle Juan de Mena. 1889. Biblioteca de la Bolsa de Madrid

El castillejo general de andamiaje

La limitación de las grúas pórtico para trabajar a una altura mayor que la determinada por su travesaño superior, o, como en la Bolsa, por la plataforma sobre la que iba montado el torno, obligó a José Villanúa a disponer un sistema de andamios más adecuado para la continuación de los trabajos de cantería. Una vez asegurada en subasta la ejecución del resto de la obra, sustituyó el castillejo móvil por un «castillejo general de andamiaje» (Repullés 1894, 50), que consistía en una estructura fija desplegada por todas las fachadas del edificio (figura 9). Se ajusta a la definición que de los castillejos hacen la mayor parte de tratados de carpintería o albañilería de aquellos años, como el tipo de andamio conveniente cuando «tuviera que utilizarse para sostener grandes pesos ó fuera de considerable altura» (Marcos 1879, 109). La forma básica de un castillejo era semejante a la de un andamio de albañil, con las almas separadas aproximadamente 2 m. entre sí y 1,5 m. del muro. Pero, con el propósito de asegurar su indeformabilidad, se sustituían los postes y tablones ligados mediante cordajes por entramados de maderas escuadradas y ensambladas mediante pernos, clavos o abrazaderas (Arias 1888, 416). La estructura de estos andamios de la Bolsa se realizó con tablas de madera del Norte conformando pies derechos, carreras y riostras en forma de aspa de san Andrés como refuerzo. Las dos hojas entramadas, una a cada lado del muro, iban enlazadas mediante pares de tablas abrazando los pies derechos a través de los huecos; cuando esto no fue posible, el pie derecho se apoyó mediante puentes en un poste adosado al muro.

Las operaciones de instalación de los andamios estaban en marcha en febrero de 1889, según muestra una fotografía del álbum tomada el día 23 de ese mes: en primer plano, la fachada al paseo del Prado presenta los tramos inferiores ya dispuestos junto a una pila de maderas para su continuación; mientras, la serie de arcos de acceso de la fachada hacia la plaza de la Lealtad está aún en ejecución, sin andamio alguno. Para la construcción del dovelaje de esos arcos sobre las correspondientes cimbras se emplearía transitoriamente una versión simplificada del castillejo móvil, carente de la plataforma superior, que también es visible en dicha imagen junto al caballete de descarga (figura 10). Operada desde el suelo, esta grúa resultaba de mucho más fácil movimiento por su menor peso.

El propósito final de una estructura de andamios tan elaborada como ésta, levantada simultáneamente en todos los muros, con las carreras a nivel pero sin tablones para servicio de albañiles y canteros, era sostener «una vía férrea aérea por encima de las fachadas del edificio y de las del salón, por la cual corría un carro, y en éste otra vía normal á la primera, por la cual se deslizaban los tornos ó cabrestantes» (Repullés 1894, 50). Es por este motivo que las cabezas de los pies derechos no quedaron sueltas, sino que sobre cada una de ellas iba montada una zapata que, con ayuda de tornapuntas, permitía sostener las

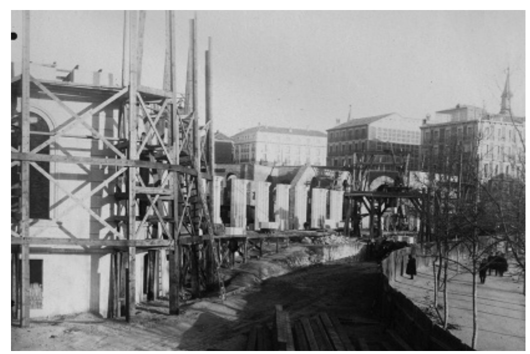


Figura 10
Vista de la obra con los andamios en proceso de montaje. 23 de febrero de 1889. Biblioteca de la Bolsa de Madrid

carreras superiores, de mayor grosor, donde debían ir instaladas las vías por las que circulaba el carro (figura 11).

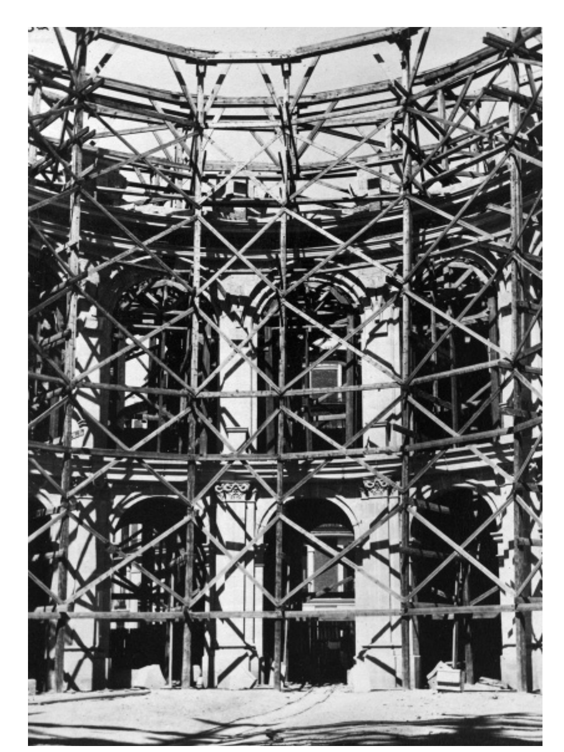


Figura 11
Andamios del Salón de contrataciones. 1889. Biblioteca de la Bolsa de Madrid

La colocación de los sillares en el muro desde este castillejo general de andamiaje no presentaba diferencia alguna respecto del uso de grúas pórtico móviles. Ambos sistemas trabajaban bajo el mismo principio. De hecho, en el único tratado español anterior a la obra de la Bolsa en el que se describe el procedimiento del carro móvil sobre una estructura entramada, el *Manual del constructor práctico* de José Antonio Rebolledo, aparece mencionado como una «grúa con doble movimiento» (Rebolledo 1869, 212). En el tratado de Joseph Glynn sobre el uso y la construcción de grúas, una de las fuentes seminales de las que se nutrirá Rebolledo, esta clase de estructuras aparece como una aplicación específica para la construcción de lo que él denomina *traversing cranes*, esto es, de las grúas pórtico (Glynn 1849, 41). Las ventajas que el ingeniero británico había observado en su aplicación venían avaladas por una década de ensayos prácticos en obras de gran importancia, como el Reform Club en el Pall Mall londinense, las Casas del Parlamento o la Columna de Nelson en Trafalgar Square. Los constructores Thomas Cubitt y Grissell & Peto tuvieron un papel protagonista en el perfeccionamiento de este sistema.[2]

El éxito de las grúas móviles montadas sobre andamios entramados fue notable. En las décadas de 1850 y 1860 se fue introduciendo en diferentes países europeos, siempre de la mano de obras eminentes, pues era un método idóneo para la edificación con aparejos de sillar a gran escala y, por tanto, en edificios monumentales. Se empleó en la terminación de la catedral de Colonia (1842–1880), en la construcción de la catedral de Marsella (1852–1893), en la Iglesia Votiva de Viena (1853–1879) o en la Ópera de París (1861–1874). Cuando se utilizó en la Bolsa de Madrid, era, por tanto, un sistema consolidado que aún se utilizaba en grandes proyectos arquitectónicos, como el City Hall de Philadelphia (1873–1901), a pesar del progresivo afianzamiento de las grúas móviles a vapor. Existió una variante destinada a la erección de monumentos conmemorativos que en lugar de apoyarse sobre andamios carpinteros iba sustentaba por formas armadas de hierro, cuyo modelo fue la estructura dispuesta por Torras Herrería y Construcciones para el monumento a Colón levantado en Barcelona en 1888 (Fabre, Huertas y Bohigas 1984, 41–48).

En las obras de la Bolsa, el castillejo general funcionaba en combinación con las vías Decauville, tal como había ocurrido con el castillejo móvil. Los si-

llares eran desplazados sobre las vagonetas hasta el punto más conveniente para su izado, que se realizaba directamente desde el carro elevado puesto que las vías Decauville estaban situadas junto al muro y, por tanto, quedaban también comprendidas en el intervalo entre las dos hojas del andamio (figura 12). Este modo de trabajo, que agilizaba sensiblemente el proceso de desplazamiento, elevación e instalación de los sillares, fue utilizado con asiduidad cuando se ponía en práctica este sistema (Fidler 1891, 216). La parte mecánica del tinglado, el carro, es descrito con gran detalle por José Antonio Rebolledo:

> Estos carriles sustentan las ruedas de un largo bastidor *D*, compuesto de dos largueros en forma de vigas armadas con varillas de hierro, reunidos en sus estremos por dos traveseros. Se da movimiento á las ruedas por un engranaje provisto de una manivela, que permite moverse el bastidor sin dificultad en el sentido longitudinal de los andamios, los que recorre fácilmente de uno á otro estremo, pudiéndole detener en el punto conveniente.
>
> Los largueros del bastidor llevan á su vez sobre la cara superior dos carriles, los cuales tienen por objeto sostener las ruedas de un torno de engranaje *e*, que puede por medio de una manivela mover las ruedas y marchar de un estremo á otro del bastidor. Por último, se pone una ligera balaustrada ó sea balconcillo de hierro sobre el bastidor, para la seguridad de los operarios encargados de su manejo. (Rebolledo 1869, 212–213)

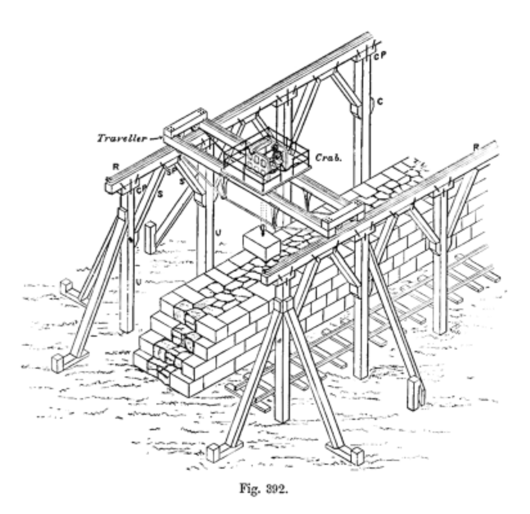


Figura 12
Ilustración del tratado *Notes on building construction* (Fidler 1891, 215)

El carro empleado en la Bolsa sigue de cerca estas indicaciones, aunque no poseyó una barandilla metálica sino de madera. Rebolledo, quien formó parte del consejo de redacción de la revista *Anales de la Construcción y de la Industria* junto a Repullés, muestra a través de la extensa referencia a esta «grúa con dos movimientos» un uso solvente de las fuentes que maneja. Muestra también, implícitamente, que su aplicación práctica no le era plenamente conocida. En la sencilla imagen que ilustra su descripción puede verse cómo el sillar que pende del sistema de poleas del carro va embragado mediante cuerdas (figura 13). Este método, sin embargo, hubiera resultado incompatible con el propósito de simplificar el procedimiento de colocación del sillar eliminando el empleo de cuñas, barras y, en la medida de lo posible, también albañiles y canteros. Según señalara Florencio Ger años después, «cuando la máquina elevatoria ha de colocar el sillar en su mismo sitio, no puede rodearse con la cuerda que acabamos de explicar y hay que adoptar otro procedimiento» (Ger 1898, 579). En la Bolsa, donde se usaron tenazas que pendían de un torno con engranajes, dicha economía de medios y sus resultados fueron valorados muy favorablemente:

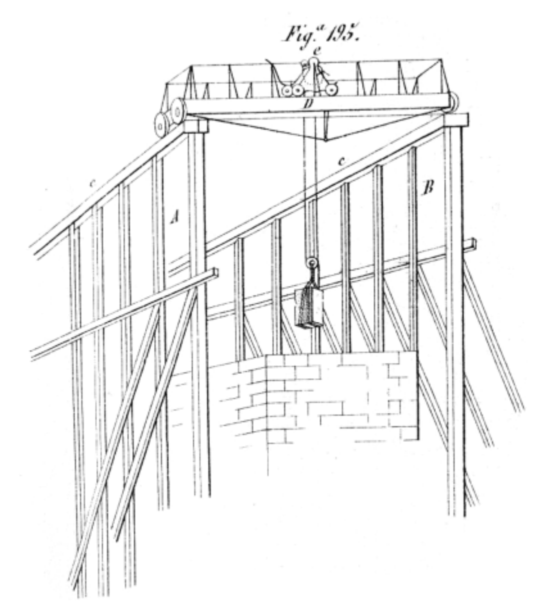


Figura 13
Ilustración del *Manual del constructor práctico* (Rebolledo 1869, lám. 6)

> Extendíase sobre el lecho inferior una fina capa de mortero, hacíase descender la piedra perfectamente nivelada y quedaba sentada por su propio peso sin ayuda de barras ni herramientas, sino solamente con la mano del operario para dirigirla y ponerla en su sitio. Á esto se debe que ningún sillar se haya desportillado lo más también contribuye el esmero con que dichos lechos se han labrado, pues los sillares carecen de vagantez, y, por tanto, no han necesitado de cuñas para su asiento, con lo cual el contratista cumplía las condiciones del contrato, bastante exigentes en lo referente á la labra de cantería, cuya exactitud y buen aspecto exterior están á la vista. (Repullés 1894, 51)

La última fase de las obras de cantería afectó a la fachada a la plaza de la Lealtad. La construcción del acceso noble al palacio de la Bolsa, a través de un pórtico hexástilo con columnas de orden corintio, requirió el montaje de unos andamios de mayor potencia aún, que fuesen capaces de sostener los más de 12.000 kilos de peso de cada una de las tres partes en que se dividieron los fustes de las columnas (Repullés 1894, 46–47). Un grabado publicado en *La Ilustración Española y Americana* daba cuenta, en 1891, del sistema empleado para el acarreo de los grandes bloques de granito, en una cureña especialmente fabricada de la que tiraban siete pares de bueyes (figura 14). Una vez labradas, las secciones de fuste se aproximaban al andamio para su elevación mediante el mismo procedimiento que en el resto del edificio.



Figura 14
Conducción de bloques de piedra para las columnas del pórtico. *La Ilustración Española y Americana*, 8 de junio de 1891

Conclusión

Con motivo de la inauguración del nuevo palacio de la Bolsa por la Reina regente el día 7 de mayo de 1893, el cronista del diario *La Época* escribía un elogio de sus autores, entre quienes situaba al arquitecto director, Repullés, al arquitecto auxiliar José de Astiz y al contratista José Villanúa, «que ha demostrado sus talentos de constructor y un gran esmero en la ejecución de la obra». Su labor, sostenía, había permitido satisfacer el criterio de estricta economía que respaldaba la Junta inspectora: «El coste total del edificio no llegará á 3 millones de pesetas, y hay que tener en cuenta que el edificio del Banco de España ha importado unos 20 millones, y el de la Equitativa pasa de los 7» (C.-C., 1893).

Aunque los recursos económicos empleados en la construcción de la Bolsa fueron menos cuantiosos que los gastados en otros edificios madrileños contemporáneos, «Repullés supo ajustarse muy bien a una necesidad concreta, sin paroxismos, y con indudable nobleza» (Navascués 1973, 292). Los medios auxiliares dispuestos por Villanúa constituyen un ejemplo precioso, por la riqueza de las fuentes que maneja, del empleo de innovaciones técnicas dirigidas a la racionalización de los plazos de ejecución y de los costes de construcción de edificios monumentales.

Notas

1. Agradecemos a Dª M. Paz Alonso, responsable de la Biblioteca de la Bolsa de Madrid, las amables facilidades prestadas para la consulta y reproducción de sus fondos documentales.
2. Sobre el origen y la difusión de este sistema de andamios estamos preparando actualmente un estudio junto a la Prof.ª D.ª Elena de Ortueta, del que las noticias que aquí se apuntan son un adelanto breve.

Lista de referencias

Arias y Scala, Federico. [1888] 1893. *Carpintería antigua y moderna*. 3 vols. Barcelona: F. Nacente.

Bailly, Roger. 1999. *Decauville. Ce nom qui fit le tour du monde.* Le-Mée-sur-Seine: Amatteis

Benoist, Jacques. 1992. *Le Sacré-Coeur de Montmartre. De 1870 á nos jours*. Vol. 1. París: Editions Ouvrières.

C.-C. 1983. La nueva Bolsa de Madrid. *La Época*. Año XLV, 14.600, 7 de mayo.

Ger y Lóbez, Florencio. 1898. *Tratado de construcción civil*. 2 vols. Badajoz : La Minerva Extremeña.

E. V.. 1877. Vía portátil. Tranvía Decauville para fábricas y para explotaciones agrícolas. *Anales de la Construcción y de la Industria*, II, 342–344.

Fabre, Jaume; Huertas, Josep M. y Pere Bohigas. 1984. *Monuments de Barcelona*. Barcelona: L'Avenç.

Fidler, Henry. [1875] 1891. *Notes on building construction. Part II. Second stage or advanced course.* Londres: Longmans, Green and Co..

Glynn, Joseph. 1849. *Rudimentary treatise on the construction of cranes, and machinery for raising heavy bodies, for the erection of buildings, and for hoisting goods*. Londres : John Weale

Marcos Bausá, Ricardo. 1879. *Manual del albañil*. Madrid: Gregorio Estrada.

Navascués Palacio, Pedro. 1973. *Arquitectura y arquitectos madrileños del siglo XIX*. Madrid: Instituto de Estudios Madrileños.

Rebolledo, José Antonio, 1869. *Manual del constructor práctico*. Madrid: Imprenta de Manuel Minuesa.

Repullés y Vargas, Enrique María. 1884a. *Memoria descriptiva del proyecto de Bolsa de Comercio presentado al concurso abierto a 7 de Julio de 1884 por la Junta de obras de dicho edificio bajo el lema* Comercium pacem firmat. Biblioteca de la Bolsa de Madrid. BC 7 168.

Repullés y Vargas, Enrique María. 1884b. *Pliego de condiciones facultativas del proyecto de Bolsa de Comercio para Madrid presentado al Concurso abierto a 7 de Julio de 1884 por la Junta de obras de dicho edificio bajo el lema* Commercium pacem firmat. Madrid, Biblioteca de la Bolsa. BC 7 169.

Repullés y Vargas, Enrique María. 1893. *Construcción de la Bolsa de Madrid. 1886–1893.* Madrid, Biblioteca de la Bolsa. BC 17 10.

Repullés y Vargas, Enrique María. 1894. *La nueva Bolsa de Comercio de Madrid.* Madrid, Biblioteca del Resumen de Arquitectura.

Sáenz Sanz, Amaya e Isabel María García García. 2009. *La revista «Anales de la Construcción y de la Industria» (1876–1890)*. Madrid: Ministerio de Fomento. CEDEX-CEHOPU.

Tissandier, Gaston. 1887. La torre Eiffel. *La Illustración Artística*, VI, 28 de noviembre, 448.

K.W. Johansen y el origen del cálculo plástico en las cáscaras cilíndricas largas de cubierta

Mónica Martínez Martínez

La primera cáscara cilíndrica larga de cubierta aparece en Alemania en 1924, para cubrir un edificio perteneciente a la compañía Zeiss.

Hasta los años 20, concretamente en Alemania, el comportamiento estructural de las cáscaras delgadas de hormigón se venía estudiando como si de «membranas» se trataran. Estos estudios determinaron que si los esfuerzos existentes en una cáscara delgada, pero lo suficientemente rígida, fueran exclusivamente de compresión, tracción y tangencial, todos ellos contenidos en el espesor de la cáscara y sin existir en ningún caso esfuerzos de flexión, el espesor de la lámina podría ser muy pequeño, hasta unos pocos centímetros, con tal de que su forma y sus condiciones de sustentación satisficieran ciertas condiciones fundamentales. Obviamente el material que se ajustaba a este modelo matemático era el hormigón armado, por su capacidad moldeable, incluyendo en su interior armaduras de refuerzo para contrarrestar esfuerzos de tracción y cortante. Sin embargo, para ello, era necesario cumplir con una serie de premisas referentes al modo de sustentación. Por esta razón, y para que las ecuaciones de equilibrio siguieran siendo válidas tras la deformación de la cáscara, los desplazamientos debían ser pequeños en comparación con su espesor.

Tras la Primera Guerra Mundial, las cáscaras cilíndricas de cubierta se impusieron como tipologías estructurales capaces de cubrir grandes luces con un gasto mínimo de material; surgiendo un nuevo sistema estructural de cubrición, ideal para espacios de tipo utilitario, tales como estaciones, almacenes, naves y hangares, etc., en definitiva, espacios que hasta el momento se construían en acero (figura 1).

A partir de los años 20, confluyeron dos condiciones claves que determinaron el origen del cálculo estructural de las cáscaras cilíndricas largas; por un lado, urgía establecer un método de cálculo debido al auge constructivo y, por otro, coincidió con un momento caracterizado por un significativo aprecio por las matemáticas.

Estos hechos repercutieron enormemente en los métodos de cálculo surgidos, aplicados al análisis estructural de las cáscaras cilíndricas largas y basados en el método matemático de referencia: la Teoría de la Elasticidad.

Aplicación de la teoría elástica al cálculo estructural de las cascaras cilíndricas largas de cubierta

El aporte revelador de la escuela alemana fue el origen, y posterior desarrollo, del cálculo estructural de las cáscaras cilíndricas largas de cubierta, basado en el marco teórico de referencia del momento: la Teoría de la Elasticidad.

La aplicación de la teoría de la elasticidad al cálculo estructural de estas tipologías fue desarrollada en el decenio de 1930, en Alemania, gracias a la labor de los ingenieros Fr. Dischinger (Dischinger 1928a; 1930b; 1935c; 1936d) y U. Finsterwalder (Finsterwalder 1932a; 1935b; 1936c), y posterior-

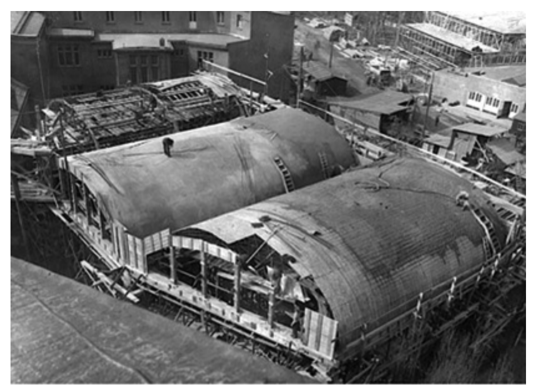


Figura 1
Cáscaras cilíndricas largas de la cubierta, en construcción, del Dywidaghalle. Fr. Dischinger y U. Finsteerwalder. 1.926. «Die Dywidag-Halle auf der Gesolei». *Der Bauingenieur* 7, figura 3, pp. 929, 930.

mente del noruego A. Aas Jakobsen (Jakobsen 1937a; 1939b).

A pesar de la repercusión constructiva que despertaron, el principal problema seguía siendo la dificultad que poseían los ingenieros del momento para formular analíticamente su comportamiento estructural y resolver las ecuaciones surgidas del proceso matemático.

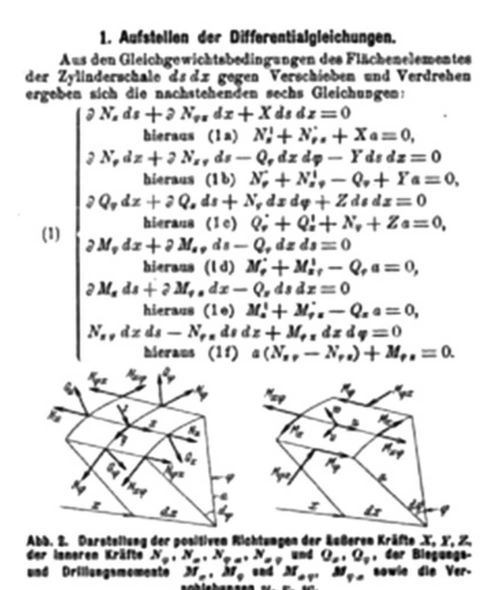
La determinación del problema matemático, proporcionada por las ecuaciones de equilibrio, se convertía en indeterminada cuando la cáscara se unía a otros elementos estructurales deformables, tales como vigas de borde, otras cáscaras análogas y contiguas, etc. En estos casos, el problema se convertía en hiperestático, por lo que no bastaban las ecuaciones de equilibrio para resolver el problema, siendo necesarias otras ecuaciones derivadas de teoremas de trabajo que aumentaban considerablemente la complejidad del desarrollo matemático.

Gracias a los estudios realizados por los ingenieros Finsterwalder (Finsterwalder 1932) y Dischinger (Dischinger 1935), se determinó la existencia de momentos flectores debidos a la presencia de nuevos esfuerzos en el borde de la cáscara, como consecuencia de la ubicación del elemento de borde. Ante ello, la formulación matemática aportada por la teoría analítica, tan enraizada en este momento y referida a materiales ideales, homogéneos e isótropos, que respondían a la ley de Hooke, fue aplicada igualmente al cálculo estructural de las cáscaras cilíndricas largas de hormigón armado, sin detenerse a analizar las características propias del nuevo material constructivo; por lo que, tras el cálculo, se conseguía obtener cáscaras perfectas, realizadas con un material ideal, pero no reales.

En 1935, Dischinger, apoyándose en los estudios previos de Finsterwalder, logra obtener una teoría rigurosa de cálculo estructural analítico para las cáscaras cilíndricas basándose en los principios de la teoría de la elasticidad (Dischinger 1935).

A pesar de su enorme complejidad matemática, el método de cálculo se convirtió en sinónimo de exactitud, gracias al cual era posible conocer, con precisión, el estado tensional en cada punto de la cáscara, a partir de la resolución de ecuaciones diferenciales de octavo orden de gran complejidad matemática (figura 2).

Por tanto, parecía que el comportamiento estructural de las cáscaras cilíndricas largas había sido definido al fin. Sin embargo, la realidad resultó ser muy distinta puesto que, para poder proceder en la práctica, fue necesario introducir una serie de hipótesis de tal importancia que se obvió que éstas eran legítimas, siempre y cuando no implicasen contradicción con los resultados reales.



1. Aufstellen der Differentialgleichungen.

Aus den Gleichgewichtsbedingungen des Flächenelementes der Zylinderschale $ds\,dx$ gegen Verschieben und Verdrehen ergeben sich die nachstehenden sechs Gleichungen:

$$
(1)\quad \begin{cases}
\partial N_x\, ds + \partial N_{\varphi x}\, dx + X\, ds\, dx = 0 \\
\quad \text{hieraus (1a)} \quad N_x' + \dot{N}_{\varphi x} + X a = 0, \\
\partial N_\varphi\, dx + \partial N_{x\varphi}\, ds - Q_\varphi\, dx\, d\varphi - Y\, ds\, dx = 0 \\
\quad \text{hieraus (1b)} \quad \dot{N}_\varphi + N_{x\varphi}' - Q_\varphi + Y a = 0, \\
\partial Q_\varphi\, dx + \partial Q_x\, ds + N_\varphi\, dx\, d\varphi + Z\, ds\, dx = 0 \\
\quad \text{hieraus (1c)} \quad \dot{Q}_\varphi + Q_x' + N_\varphi + Z a = 0, \\
\partial M_\varphi\, dx + \partial M_{x\varphi}\, ds - Q_\varphi\, dx\, ds = 0 \\
\quad \text{hieraus (1d)} \quad \dot{M}_\varphi + M_{x\varphi}' - Q_\varphi a = 0, \\
\partial M_x\, ds + \partial M_{\varphi x}\, dx - Q_x\, ds\, dx = 0 \\
\quad \text{hieraus (1e)} \quad M_x' + \dot{M}_{\varphi x} - Q_x a = 0, \\
N_{x\varphi}\, dx\, ds - N_{\varphi x}\, ds\, dx + M_{\varphi x}\, dx\, d\varphi = 0 \\
\quad \text{hieraus (1f)} \quad a(N_{x\varphi} - N_{\varphi x}) + M_{\varphi x} = 0.
\end{cases}
$$

Abb. 2. Darstellung der positiven Richtungen der äußeren Kräfte X, Y, Z, der inneren Kräfte $N_\varphi, N_x, N_{\varphi x}, N_{x\varphi}$ und Q_x, Q_φ, der Biegungs- und Drillungsmomente M_x, M_φ und $M_{x\varphi}, M_{\varphi x}$ sowie die Verschiebungen u, v, w.

Figura 2
Ecuaciones diferenciales debidas a las condiciones de equilibrio de un elemento superficial de una cáscara cilíndrica. (Dischinger 1935).

Un estado estructural en el que, por una parte, se obviaba las posibles imperfecciones acontecidas durante la construcción de la cáscara, sumado a la consideración de un único y constante módulo de elasticidad para toda la estructura, no podía ser considerado como real. El sentido del término «*real*» de una estructura significa un estadio accidental acontecido por la reacción entre la estructura y su entorno. En este sentido, los tres principales problemas surgidos fueron sin duda: la alta dificultad que entrañaba resolver las ecuaciones diferenciales de octavo orden, la contradicción entre esa dificultad y la forma de dimensionar la cáscara y el refuerzo, por lo que todo el minucioso y complejo trabajo matemático desarrollado perdía importancia; y, en tercer lugar, los resultados obtenidos por el cálculo elástico diferían de los obtenidos en ensayos sobre estructuras reales (figura 3).

En consecuencia, la teoría de la elasticidad no podía garantizar la certeza de sus resultados más que en la medida de la exactitud de las hipótesis que se hubieran establecido previamente.

Origen y aplicación del análisis límite al cálculo estructural de las cáscaras cilíndricas largas de cubierta

Aunque las hipótesis de la teoría elástica parecían razonables, el sentido común indicaba que un defecto o imperfección trivial en la cáscara, o al menos impredecible, no podía afectar a su resistencia. Por tanto, el cálculo de tensiones elásticas no era relevante para predecir la resistencia real de las cáscaras cilíndricas de hormigón armado.



Figura 3
Puesta en carga de un modelo de cáscara cilíndrica larga. (Morice 1952)

La resistencia de una estructura real, construida con un material dúctil como es el hormigón armado, no depende de que aparezca la tensión elástica límite en un punto de ella, sino por el inaceptable crecimiento de las deformaciones debidas a la acción de las cargas. Por ello, el cambio del pensamiento elástico al plástico, no fue consecuencia de la evolución de un método a otro, sino debido a las insuficiencias de la teoría anterior, en este caso la elástica.

Origen de los estudios sobre plasticidad.

Hasta bien entrado el s. XX, las explicaciones más obvias y comprobadas, de cualquier fenómeno estructural, se desechaban por ser «*poco científicas*» si no iban acompañadas de su correspondiente despliegue formulístico, basado en la teoría de la elasticidad. No obstante, las ideas no-lineales no se perdieron de vista, aunque cuando eran mencionadas eran consideradas como curiosidad científica.

El húngaro Gábor Kazinczy (1888–1964) fue el primer ingeniero que basó el cálculo de la plasticidad de las estructuras no sólo en teorías, sino en datos empíricos obtenidos a partir de ensayos. En 1914 logró demostrar que el cálculo de tensiones elásticas no era relevante para predecir la resistencia real de una estructura de acero (Kazinczy 1914).

Posteriormente, en 1933, Kazinczy publicó otro artículo referente a la plasticidad del hormigón armado (Kazinczy 1933); donde propone el concepto de redistribución de los momentos de flexión simple, basado en el comportamiento plástico, tanto del acero como del hormigón (figura 4).

La rotura de la viga debía producirse, según la teoría de la elasticidad, con una carga que resultase de aumentar la admisible por un factor de seguridad; sin embargo, experimentalmente esto no sucedió así al poderse incrementar la carga considerablemente sin que la viga llegase a su estado límite de rotura. En el momento de producirse el colapso, el reparto de momentos no tenía por qué coincidir con lo determinado por la teoría analítica; de hecho, en el estado de rotura, este reparto se produjo con el mismo valor en las tres secciones críticas de la viga. Al variar la recta de cierre del diagrama isostático se puede conseguir la

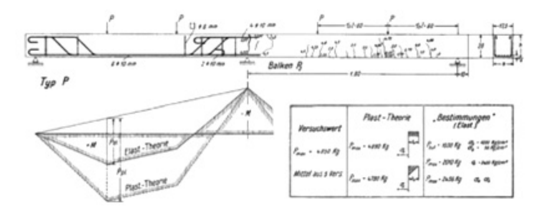


Figura 4
Diferencia entre los momentos flectores de una viga continua de hormigón armado, según la teoría de la elasticidad y la teoría de la plasticidad. (Kazinczy 1933).

distribución de momentos que se considerase más conveniente, siempre y cuando se dispusieran las armaduras de acuerdo con dicha elección.

Tres años más tarde, en 1936, confluyen dos hechos significativos en relación al estudio de los métodos plástico: las relevantes ponencias sobre plasticidad aportadas en el Segundo Congreso del IABSE, en Berlín, y los teoremas de la plasticidad anunciados por el ruso A. A. Gvozdev.

A pesar de existir un pensamiento conformista, y generalizado, en el campo teórico de las estructuras referente a la teoría de la elasticidad, el Congreso de Berlín, celebrado en 1936, supuso un acontecimiento decisivo en el avance de las investigaciones referentes a la plasticidad (IABSE 1936). Por primera vez, en el informe preliminar del congreso se presentaron ocho ponencias sobre la teoría de la plasticidad, donde se trataron temas relacionados con la resistencia de materiales en la formación de rótulas plásticas y comportamientos no-lineales en estructuras (figura 5).

De todas ellas cabe destacar la ponencia «*Test Results, their Interpretation and Application*» (Maier-leibnitz 1936), donde Maier-Leibnitz utiliza para sus experimentos una viga continua sobre tres apoyos sometida a la acción de una carga exterior, al mismo tiempo que desplazaba hacia arriba o abajo su apoyo central (figura 6).

Maier-leibnitz comprobó que al realizar el cálculo según la teoría de la elasticidad el valor de las cargas posibles dependía de la situación del apoyo central.

Inhaltsverzeichnis.

I

Die Bedeutung der Zähigkeit des Stahles für die Berechnung und Bemessung von Stahlbauwerken, insbesondere von statisch unbestimmten Konstruktionen.

I 1 Allgemeine Plastizitätstheorie, Gleitlinienfelder.
Dr. Ing. A. FREUDENTHAL, Warschau. 3

I 2 Grundlagen der Plastizitätstheorie.
Dr. techn. J. FRITSCHE, Professor an der Deutschen Technischen Hochschule, Prag. 15

I 3 Über Fließgrenzen und Biegekennlinien.
Dr. Ing. F. RINAGL, Professor an der Technischen Hochschule, Wien. 43

I 4 Theorie statisch unbestimmter Systeme.
Dr. Ing. E. MELAN, Professor an der Technischen Hochschule, Wien. 45

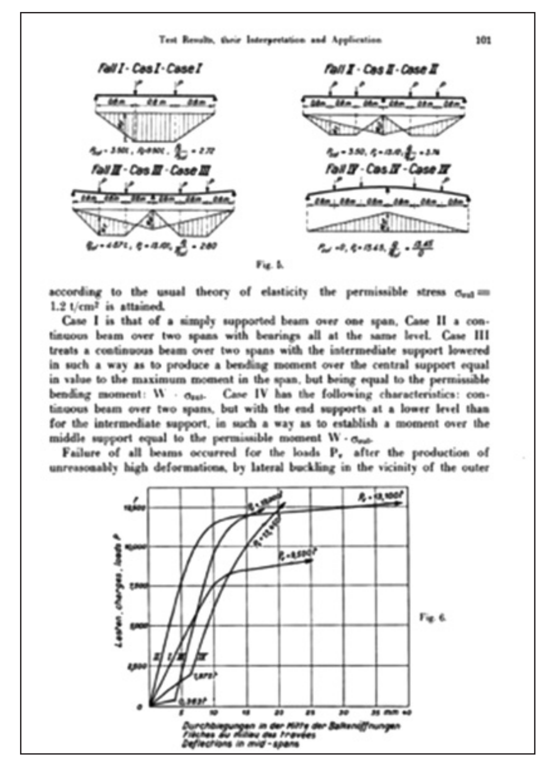
I 5 Tragfähigkeit von Fachwerkträgern.
Dr. Ing. E. KOHL, Professor an der Technischen Hochschule, Hannover. 69

I 6 Sicherheit der Bauwerke.
R. LÉVI, Ingénieur en Chef Adjoint au Service de la Voie et des Bâtiments des Chemins de fer de l'Etat, Paris. 83

I 7 Versuche, Ausdeutung und Anwendung der Ergebnisse.
Dr. Ing. H. MAIER-LEIBNITZ, Professor an der Technischen Hochschule, Stuttgart. 103

I 8 Bemessung statisch unbestimmter Systeme nach der Plastizitätstheorie (Traglastverfahren).
Baurat Dr. Ing. F. BLEICH, Zivilingenieur, Wien. 137

Figura 5
1936, IABSE Congress, Preliminary Report, Vol 2. Berlín.


Test Results, their Interpretation and Application 101

Fall I · Cas I · Case I
Fall II · Cas II · Case II
Fall III · Cas III · Case III
Fall IV · Cas IV · Case IV

Fig. 5.

according to the usual theory of elasticity the permissible stress σ_{zul} = 1.2 t/cm² is attained.

Case I is that of a simply supported beam over one span, Case II a continuous beam over two spans with bearings all at the same level. Case III treats a continuous beam over two spans with the intermediate support lowered in such a way as to produce a bending moment over the central support equal in value to the maximum moment in the span, but being equal to the permissible bending moment: $W \cdot \sigma_{zul}$. Case IV has the following characteristics: continuous beam over two spans, but with the end supports at a lower level than for the intermediate support, in such a way as to establish a moment over the middle support equal to the permissible moment $W \cdot \sigma_{zul}$.

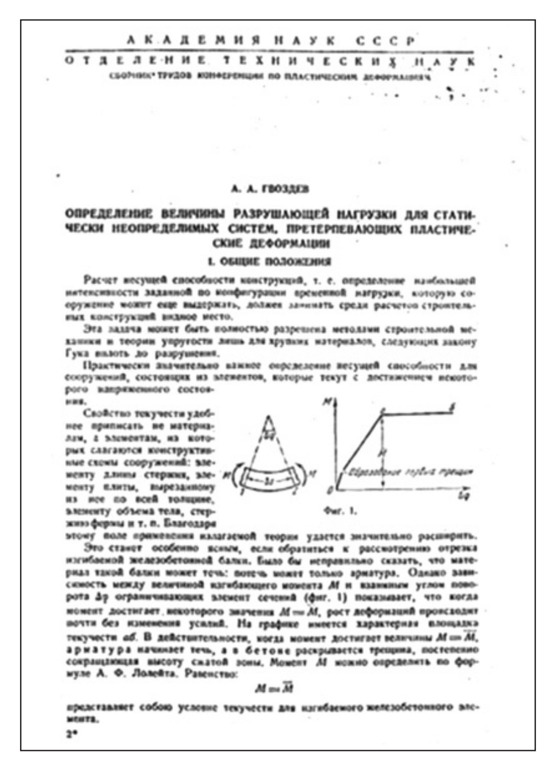
Failure of all beams occurred for the loads P_r after the production of unreasonably high deformations, by lateral buckling in the vicinity of the outer

Figura 6
Artículo «Test Results, Their Interpretation and Application». (Maier-Leibnitz 1936).

Sin embargo, al realizar el ensayo el valor de la carga de colapso no se veía afectado por la diferente nivelación de los apoyos. El colapso sólo se producía cuando se formaban un número suficiente de rótulas para constituir un mecanismo, independientemente de las imperfecciones iniciales que pudieran existir en la estructura.

Paralelamente, y ante la necesidad por establecer principios teóricos que definieran la teoría plástica, en la URSS se estaban realizando estudios sobre plasticidad que resultaron ser cruciales. En 1936, el ruso A. A. Gvozdev presenta una comunicación (Gvozdev 1936), en ruso, referente a la determinación del valor de la carga de colapso para sistemas estáticamente indeterminados, cuyo texto sentará las bases de la teoría plástica (figura 7).

Gvozdev enumera tres condiciones que deben cumplirse en el estado de colapso: condición de equilibrio, condición de cedencia y la condición de mecanismo, es decir, debe producirse algún tipo de mecanismo de deformación que conlleve al colapso de la estructura.



АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ОТДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

СБОРНИК ТРУДОВ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМАЦИЯМ

А. А. ГВОЗДЕВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ РАЗРУШАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМ, ПРЕТЕРПЕВАЮЩИХ ПЛАСТИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Расчет несущей способности конструкций, т. е. определение наибольшей интенсивности заданной по конфигурации временной нагрузки, которую сооружение может еще выдержать, должен занимать среди расчетов строительных конструкций видное место.

Эта задача может быть полностью разрешена методами строительной механики и теории упругости лишь для хрупких материалов, следующих закону Гука вплоть до разрушения.

Практически значительно важное определение несущей способности для сооружений, состоящих из элементов, которые текут с достижением некоторого напряженного состояния.

Свойство текучести удобнее приписать не материалам, а элементам, из которых слагаются конструктивные схемы сооружений: элементу длины стержня, элементу плиты, вырезанному из нее по всей толщине, элементу объема тела, стержню фермы и т. п. Благодаря этому поле применения излагаемой теории удается значительно расширить.

Это станет особенно ясным, если обратиться к рассмотрению отрезка изгибаемой железобетонной балки. Было бы неправильно сказать, что материал такой балки может течь: потечь может только арматура. Однако зависимость между величиной изгибающего момента M и взаимным углом поворота $\Delta\varphi$ ограничивающих элемент сечений (фиг. 1) показывает, что когда момент достигает некоторого значения $M = \overline{M}$, рост деформаций происходит почти без изменения усилий. На графике имеется характерная площадка текучести ab. В действительности, когда момент достигает величины $M = \overline{M}$, арматура начинает течь, а в бетоне раскрывается трещина, постепенно сокращающая высоту сжатой зоны. Момент $\overline{M}$ можно определить по формуле А. Ф. Лолейта. Равенство:

$$M = \overline{M}$$

представляет собою условие текучести для изгибаемого железобетонного элемента.

2*

Figura 7
Artículo. (Gvozdev 1936).

Por tanto, el problema residía en encontrar el valor de la carga de colapso para la cual se satisficieran las tres condiciones, deduciendo, de esta manera, los tres Teoremas Fundamentales de la Teoría de la Plasticidad: teorema de la unicidad, teorema de la inseguridad, o teorema del límite superior, y teorema de la seguridad o teorema del límite inferior (Baker, Horne y Heyman 1956). La relevancia del tercer teorema fue tal que se convertiría en herramienta básica para proyectar cualquier tipo de estructura, basándose en posibles estados de equilibrio seguros y adecuadamente elegidos, tal y como estudió posteriormente el profesor Jacques Heyman (Heyman 1967a, 1977b).

El análisis límite puede ser aplicado a cualquier estructura que posea propiedades plásticas en ausencia de problemas de estabilidad o de grandes deformaciones, por lo que las tensiones elásticas se pueden despreciar; mientras que la ductilidad adecuada del material garantiza la correcta redistribución de las tensiones, sin que se produzcan daños en la estructura o la rotura de ésta.

K. W. Johansen y la aplicación del análisis límite a las cáscaras cilíndricas largas de cubierta

A los dos hechos descritos anteriormente, referentes a los avances producidos en los métodos plásticos, hay que añadir un tercero en Dinamarca relativo a los estudios llevados a cabo por el ingeniero danés K. W. Johansen (Johansen 1944a, 1948b), y posteriormente desarrollados por el también ingeniero danés H. Lundgren (Lundgren 1949) y por el húngaro G.v. Kazinczy (Kazinczy 1949).

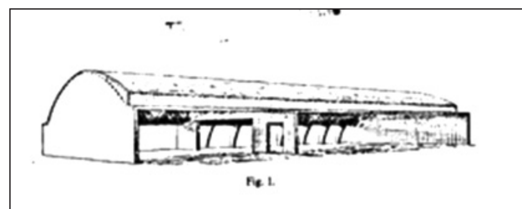
En la literatura existente, antes de la publicación del libro *Cylindrical Shell* de H. Lundgren en 1949 (Lundgren 1949), no existían apenas escritos que trataran la problemática del cálculo estructural de las cáscaras cilíndricas largas más allá de lo especificado por la teoría de la membrana o, sobre todo, por la teoría de la elasticidad. Pero, aunque el estado «real» de la cáscara no se pudiera conocer, sí se podía calcular con gran precisión su «resistencia», siendo además muy insensible a las agresiones del entorno.

En este sentido, las aportaciones del ingeniero Knud Winstrup Johansen fueron cruciales, puesto

que marcará el origen de la aplicación del análisis límite a estas tipologías estructurales con un enfoque plástico del equilibrio.

En 1944, K.W. Johansen (1901–1978), profesor y doctor en Ingeniería de la Construcción y presidente de la Universidad Técnica de Delft, publicó un artículo en danés; referente al análisis y cálculo estructural de una cáscara cilíndrica larga completa y asimétrica de hormigón armado (Johansen 1944) (figura 8).

La cáscara conforma la cubierta de un restaurante construido en 1938, que cubría un espacio de 16m de ancho y 36m de longitud; dividida ésta en dos vanos, uno de 24m y otro de 12m, por medio de un tabique dispuesto transversalmente (figura 9). En la cara norte del edificio, la cáscara se apoya en pilares, separados 3,2m, en la cara sur del edificio no existen soportes y en sus laterales se encuentra delimitada por dos muros transversales.



SKALKONSTRUKTION PAA RADIOHUSET

BEREGNING OG FORSØG

BERETNING FRA LABORATORIET FOR BYGNINGSSTATIK
VED *K. W. JOHANSEN*

Indledning.

Skallen dækker over Restaurationsbygningen, der ligger oven paa Studieblokken i Radiohuset¹).

Restauranten er et Rum paa 24 m's Længde og 16 m's Bredde; dertil støder Køkkenet, der har samme Bredde, men hvis Længde kun er 12 m; disse to Rum er overdækket med den i Fig. 1 viste Skalkonstruktion, der bæres af de to Gavle og Mellemvæggen samt langs den nordre Langvæg af en Række Søjler, hvis indbyrdes Afstand er 3,2 m. I den sydlige Langvæg er der ingen Understøtninger, men Skaltværsnittet er til Gengæld dobbelt, idet der skulde anbringes en langsgaaende Ventilationskanal.

Skallen, der er 12 cm tyk, har det i Fig. 2 viste Tværsnit, der bestaar af en Cirkelbue *ABD* med Radius 9,22 m, som i Toppen *B* tangeres af Cirkelbuen *BC* med Radius 14,0 m. Ved det retlinede lodrette Stykke *CD* lukkes Tværsnittet; desuden findes der i hver Side en vandret Flig.

Som bekendt kan cirkulære cylindriske Skaller beregnes efter Elasticitetsteorien, men kræver et ret kompliceret og vidtløftigt Regnearbejde. Tillige forudsættes herved en Skal af homogent Materiale. Skallen dimensioneres derefter saaledes, at der indlægges Jern til Optagelse af Trækspændingerne, men i Stedet for at regne med den til Deformationerne svarende Jernspænding (hvilket vilde være meget uøkonomisk), regnes med den tilladelige Jernspænding, en ret grov Tilnærmelse. Dimensioneringen svarer saaledes meget daarligt til den komplicerede Beregning af Snitkræfterne.

¹) I »Ingeniøren« 1940, S. 217—223 har Prof. *Chr. Nøkkentved* givet en Beskrivelse af Radiohuset indbefattet en kort Omtale af Skallen og dens Beregning.

Figura 8
Artículo. (Johansen 1944).

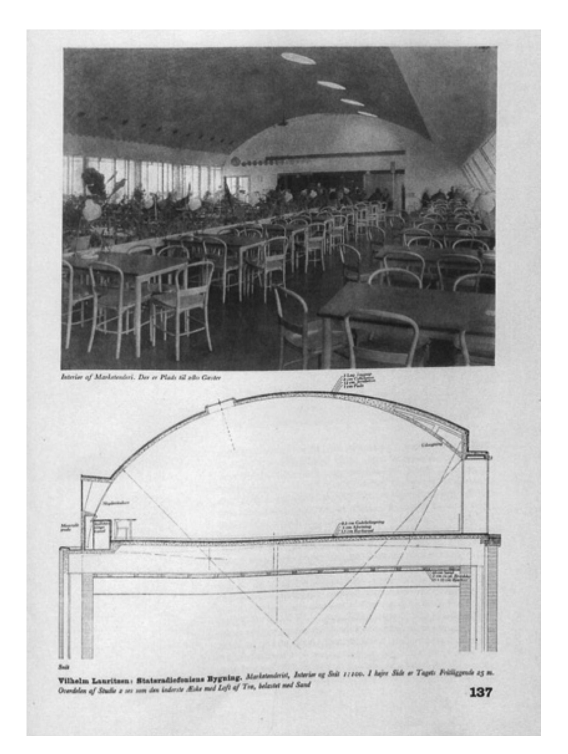


Figura 9
Statsradiofonien. 1946. «Radiohuset: den Danske Statsradiofonis nybygning i Kobenhavn». Akademisk Arkitektfore-

La sección transversal de la cubierta, de 12cm de espesor, es aproximadamente cilíndrica, pero contiene un canal de ventilación en su interior. Esta sección se modeliza por medio de un arco de círculo ABD, de radio 9,22 m. En el punto B, de dicho arco, toca tangencialmente otro arco de círculo BC, de radio 14m., a su vez en el punto C parte un tramo recto vertical CD, quedando así cerrada la sección junto con un talón de hormigón a modo de marquesina (figura 10).

Método de análisis.

Las hipótesis previas establecidas por Johansen fueron (Johansen 1944):

1. Modelizar la sección transversal de la cáscara, dividiéndola en dos partes debido a su desigual comportamiento estructural.

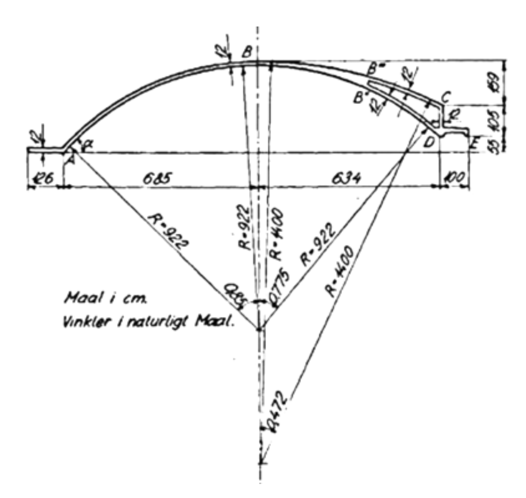


Figura 10
Definición geométrica de la sección transversal de la cáscara cilíndrica larga. (Johansen 1944)

La parte de la cáscara considerada cerrada y definida por los puntos B, C y D, debido a su rigidez, Johansen asemeja su comportamiento al de una viga de hormigón. Por otro lado, la parte definida por los puntos A y B, debido a su baja rigidez a flexión, la considera similar al de una membrana. Por lo que el valor de las reacciones obedecerá a la expresión:

$$S = \Pr\cos\alpha \qquad [1]$$

2. La segunda hipótesis consiste en no tener en cuenta la contribución a tracción del hormigón; mientras que la tensión admisible de las armaduras corresponderá a la de fluencia entre un coeficiente de seguridad.
3. Por último, Johansen señala que, en condiciones estáticamente indeterminadas, los momentos se distribuirán en conformidad con la armadura dispuesta.

Cálculo longitudinal de la cáscara

Considerando un valor para la carga permanente de 340 kg/m2 y para la variable de 100 kg/m2, el valor de la resultante sería L= 9,18 t/m, actuando a una distancia de 1,06 m del punto B (figura 11).

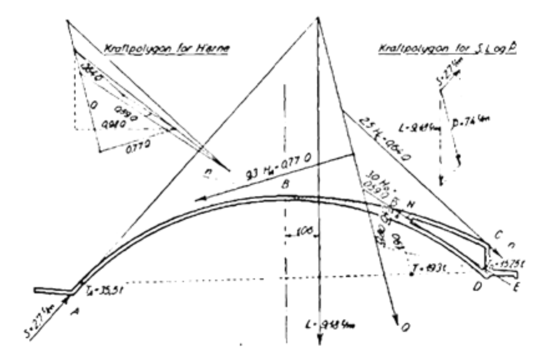


Figura 11
Representación de fuerza exteriores e interiores en la sección transversal de la cáscara cilíndrica correspondiente al momento positivo. (Johansen 1944).

Las reacciones en los pilares serán de valor 2,70 t/m [1], para un ángulo α=48,62º y cuyas componentes vertical y horizontal, serán:

$$S_l = 2{,}00t/m \text{ y } S_v = 1{,}80t/m$$

Combinando la componente horizontal, en un polígono de fuerzas (parte derecha superior de la figura 11), con la resultante de las fuerzas exteriores L, se obtiene la resultante oblicua de valor P=7,40 t/m.

Mientras que la parte de la cáscara definida por los puntos A y B se apoya en pilares, la otra parte de la cáscara, definida por los puntos B, C y D, posee su extremo libre. Esta parte de la cubierta está constituida por dos vanos; donde cada uno de ellos queda definido por el muro transversal extremo y el tabique ubicado en la parte intermedia del edificio.

Como resultado de estas características, se propone calcular la primera parte de la cáscara como si de una viga continua de hormigón de dos vanos se tratara, respetando las características del material estructural utilizado. Aquí es donde reside realmente la sencillez y validez del método propuesto puesto que el momento de empotramiento vendría definido por la sencilla expresión:

$$M_{emp} = \frac{3}{32} \cdot 7{,}40 \frac{t}{m} \cdot \left(24m\right)^2 = 400tm \qquad [2]$$

Debido a que la sección transversal de la cascara no tiene capacidad para resistir momentos de torsión, circunstancia común en las secciones abiertas, la fi-

bra neutra debe situarse respondiendo a una única premisa: que la resultante de las fuerzas tangenciales tenga igual magnitud y dirección opuesta a la resultante debida al cortante Q; que por otra parte debe ser igual al valor obtenido para la resultante oblicua de las cargas. Es decir, partiendo de una condición de equilibrio de fuerzas, se puede establecer la ubicación de la línea neutra obteniendo una solución al problema estructural pero no la única. Una vez situada se puede determinar sin dificultad el área de refuerzo necesario, así como la tensión del hormigón y la tensión tangencial.

El punto situado a mayor distancia de la fibra neutra es el punto denominado B’, por lo que ese punto poseerá la máxima tensión a compresión. Por otro lado, se colocan barras de refuerzo en el contorno de la cáscara, situándolas en los centros de masas Ta y Td.

Posteriormente se procede a calcular el módulo, la dirección y el punto de aplicación de la resultante de las tensiones de compresión N, correspondiente a un valor de N= 193 t.

El punto de aplicación se obtiene por la intersección de dos rectas; una, la recta que une las resultantes de las tracciones, es decir la recta Ta-Tb; mientras que la segunda es una recta paralela a la dirección de Q, y que pasa por el punto B’, es decir resultante de las compresiones.

La distancia entre los puntos B’ y T determina el brazo de palanca entre el par de fuerzas, constituyendo una distancia de 1,9 m. Por lo que el valor del momento será de:

$$M = 193t \cdot 1{,}90m = 367tm \qquad [3]$$

En resumen, el esquema de cálculo, basado en la obtención de sucesivos resultados por equilibrio de fuerzas, es el siguiente:

1. Obtención del valor de las cargas exteriores.
2. Cálculo de los momentos flectores, positivos y negativos.
3. Obtención de la ubicación de la fibra neutra en la sección transversal de la cáscara por equilibrio de fuerzas.
4. Cálculo de la tensión máxima de compresión del hormigón.
5. Obtención de los valores de las fuerzas normales, de tracción y compresión.
6. Cálculo del refuerzo longitudinal en la cáscara.

Cálculo transversal de la cáscara.

En primer lugar, es necesario obtener el valor de la resultante de las fuerzas tangenciales.

Para ello, se puede comenzar aplicando la teoría del tirante; donde las fuerzas normales en la dirección de la cáscara Nx se sitúan concentradas en una única generatriz, que se denomina tirante, y aplicadas en el centro de masas de la zona en cuestión; mientras que las fuerzas tangenciales Nxq, de la sección transversal de la cáscara, se mantendrían constantes dentro de cada intervalo existente entre dos tirantes.

Al dividir la sección transversal de la cáscara analizada en tres arcos diferentes: AB’, B’D y B’CD, se denominarán las fuerzas tangenciales:

$$H_A, H_C, H_D,$$

siendo la resultante de cada una de ellas sería (figura 11):

$$9{,}3H_A\,,\ 2{,}5H_C \ \text{y}\ 3{,}0H_D$$

Al descomponer la fuerza transversal Q, o fuerza cortante (polígono de fuerzas situado en la parte superior izquierda de la figura 11), de acuerdo con esas tres resultantes se obtiene el valor:

$$H_A = \frac{0{,}77Q}{9{,}3} = 0{,}083Q \quad H_C = \frac{0{,}64Q}{2{,}5} = 0{,}256Q$$
$$H_D = \frac{0{,}59Q}{3{,}0} = 0{,}197Q \qquad [4]$$

Dado que el brazo de palanca es de 1,90 m, entonces:

$$H = H_A + H_C + H_D = \frac{Q}{1{,}90m} \qquad [5]$$

De igual manera, realizando cortes únicamente por Ta y Td, se obtiene:

$$H_A = \frac{Q}{1{,}90} \cdot \frac{T_A}{T} = 0{,}097Q \qquad [6]$$
$$H_C = 0{,}243Q \quad \text{y} \quad H_D = 0{,}187Q$$

De esta manera, se asegura la exacta ubicación de la fibra neutra.

Del mismo modo se actuaría para las secciones transversales de la cáscara correspondientes a la ubicación de momento negativo.

Cálculo de los momentos transversales:

Al seccionar un elemento de la cáscara, de longitud dx en la dirección de la generatriz de la cáscara y de anchura δs, ortogonal a la anterior, se observa como en él actúa la resultante de las tensiones tangenciales H, debidas a la acción de las cargas exteriores. Como la resultante de las tensiones tangenciales H, es proporcional a la fuerza transversal, o cortante Q, las tensiones tangenciales t deberán ser igualmente proporcionales a las cargas exteriores, es decir:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \overline{P} = 7{,}4\,t/m \qquad [7]$$

De acuerdo con los valores anteriormente calculados para las fuerzas tangenciales, los valores de las tensiones tangenciales t serían:

Para el tramo AB:

$$t_A = 0{,}097 \cdot 7{,}4 = 0{,}72\,t/m^2 \qquad [8]$$

Para el tramo B'''C:

$$t_C = 0{,}243 \cdot 7{,}4 = 1{,}80\,t/m^2 \qquad [9]$$

Para el tramo B''D:

$$t_D = 0{,}187 \cdot 7{,}4 = 1{,}38\,t/m^2 \qquad [10]$$

Como t no varía a lo largo de la longitud de la cáscara, los momentos tangenciales también serán constantes a lo largo de dicha longitud (figura 12).

Momento transversal debido a la fuerza tangencial t, (figura 12.6):

$$m_t = \int_0^{\varphi} \left(r - r\cos(\varphi-\theta)\right) \cdot t \cdot r d\theta = \\ = \int_0^{\varphi} r^2 t \left[1-\cos(\varphi-\theta)\right] d\theta = (\varphi - \sin\varphi)\, tr^2 \qquad [11]$$

Momento debido a la carga exterior P (figura 12.7):

$$m_p = -pr\varphi z \qquad [12]$$

Y, por último, el momento debido a la reacción en los soportes (figura 12.8):

$$m_S = S_T r(1-\cos\varphi) - S_N r \sin\varphi \qquad [13]$$

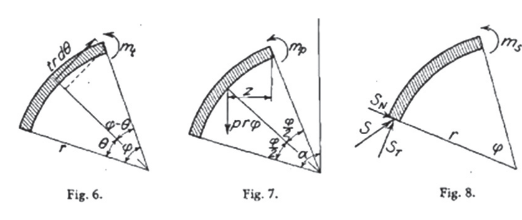


Figura 12
Obtención de los momentos tangenciales. (Johansen 1944)

En definitiva, el momento resultante vendrá dado por la suma de los tres momentos anteriores, es decir:

$$m_\varphi = m_t + m_P + m_S \qquad [14]$$

Por tanto, el análisis transversal de la cáscara es resuelto de manera sumamente sencilla:

1. Cálculo de las fuerzas transversales y su ubicación en la sección transversal de la cáscara.
2. Cálculo de los momentos transversales debidos a los esfuerzos tangenciales, a la carga exterior y a las reacciones en los apoyos.

Con todos estos datos la obtención de la armadura necesaria en la cáscara es inmediata.

Por tanto, mediante una apropiada selección del momento como de la fuerza transversal, o cortante, en el tramo CD, todo ello realizado con un enfoque plástico del equilibrio de las fuerzas, se pueden llegar a obtener momentos resultantes en B' y B'' de igual magnitud, de igual manera a como se actuaría en una viga.

Conclusiones

La teoría elástica de cáscaras, desarrollada en el decenio de 1930, resultó prácticamente inaplicable al ser incapaz de dar una imagen, ni siquiera aproximada, del comportamiento estructural de las cáscaras cilíndricas largas de cubierta.

Un marco teórico mucho más adecuado resultó ser el análisis a rotura. Aunque el estado «real» de la estructura no se podía conocer, la resistencia de ésta sí se podía calcular con precisión; siendo, además, muy insensible a las supuestas imperfecciones de fabricación y ejecución o a pequeñas variaciones en las condiciones de contorno.

En este sentido, los estudios iniciados por el ingeniero danés K.W. Johansen marcaron el origen de la aplicación del análisis límite al cálculo estructural de las cáscaras cilíndricas largas, con un enfoque plástico del equilibrio, permitiendo aplicar un cálculo sencillo y seguro.

El estado de equilibrio en la cáscara se consigue por medio del traspaso de esfuerzos de las zonas más solicitadas a las que lo están menos; todo ello, dependiendo de la geometría transversal de la cáscara, la ubicación de la fibra neutra y las diferentes disposiciones que se elija para la armadura. Por tanto, este estado de equilibrio es una solución al problema, pero no la única.

Al abandonar la búsqueda de la solución «única» para la cáscara, se concluye que el aspecto esencial del análisis límite es la aplicación del «enfoque del equilibrio», principal corolario del Teorema Fundamental de la Seguridad. De esta manera se obvia consideraciones referentes a compatibilidad y deformación en la cáscara.

Lista de referencias

Baker, J. F., Horne, M.R. y Heyman J. 1956. *The steel skeleton. Vol. 2: Plastic behavior and design*. Cambridge: University Press.

Bredt, R. 1896. Kritische Bemerkungen zur Drehungselastizitat. *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 40: 785–790.

Dischinger, Fr. 1928. Schalen und Rippenkuppeln. *4a ed. Handbuch der Eisenbetonbau. VI Band, Zweiter Teil.* F. von Emperger (ed.). Berlín: Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn, 163-383.

Dischinger, Fr. 1930. «The Zeiss-Dywidag system of construction for reinforced concrete shell roofs over large spans». *First International Congress for Concrete and Reinforced Concrete*, Liège.

Dischinger, Fr. 1935. Die strenge Theorie der Kreiszylinderschale in ihrer Anwendung auf die Zeiss-Dywidag-Schalen. *Beton u. Eisen*, 34: 257–264, 283–294.

Dischinger, F. 1936. «Shell Construction in Reinforced Concrete». *Second Congress IABSE (International Association for Bridge and Structural Engineering),* Berlin, preliminary Report, 2: 693–706.

Finsterwalder, U. 1932. Die Theorie der kreiszylindrischen Schalengewölbe System Zeiss-Dywidag und ihre anwendung auf die Grossmarkthalle in Budapest. *Journal of Bridge and Structural Engineering*. Primer Congreso IABSE, París, 127–152.

Finsterwalder, U. 1935. «Les voiles minces cylindriques raidis transversalement à section en forme de segment circulaire». *Ingenieur Archiv.,* nº IV.

Finsterwalder, U. 1936. «Cylindrical shell structures». *Second Congress IABSE (International Association for Bridge and Structural Engineering),* Berlin, Rapport Final, 2: 449–453.

Gvozdev, A.A. 1936. Opredelenie velichiny razrushayushchei nagruzki dlya statischeski neopredelimykh sister, preterpevayushchikh plasticheskie deformatsii. *Proceedings of the Conference on Plastic Deformations*, Akademia Nauk SSSR, Moscow-Leningrad, 19–30.

Heyman, J. 1967. «Westminster Hall roof». *Proceedings of the Institution of Civil Engineers,* 37: 137–262.

Heyman, J. 1977. *Equilibrium of Shell Structures*. Oxford, Oxford University Press.

Jakobsen, A.Aas. 1937. «Sur le calcul de la voûte cylindrique circulaire». *Travaux*, 60: 529–535.

Jakobsen, A.Aas. 1939. «Über das Randstörungsproblem an Kreiszylinderschalen». *Der Bauingenieur, 29:* 394–405.

Johansen, K.W. 1944. Skalkonstruktion paa Radiohuset. *Bygningsstatiske Meddelelser*, 15: 1–26.

Johansen, K.W. 1948. «Critical notes on the calculation and design of cylindrical shells». *Third Congress IABSE (International Association for Bridge and Structural Engineering)*, Liège, rapport final, IVc.: 601–606.

Kazinczy, G.v. 1914. Experiments with Clamped end Beams. *Betonszemle*, 4, 5 y 6: 68–71, 83–87, 101–104.

Kazinczy, G.v. 1933. Die Plastizitat des Eisenbetons. *Beton und Eisen*, 32: 74–80.

Kazinczy, G.v. 1949. «Beräkning av cylindriska skal med hänsyn till den armerade betongens egenskaper». *Betong*, 34: 239–261.

Lundgren, H. 1949. *Cylindrical Shells*. Volumen I: Cylindrical Roofs. The Danish Techical Press the Institution of Danish Civil Engineers.

Maier-Leibnitz, H. 1936. «Test Results, Their Interpretation and Application». IABSE Congress, Preliminary Report, Vol 2. Berlín.

Morice. P.B. 1952. Research on concrete shell structures. *Proceedings of a Symposium on Concrete Shell Roof Construction.*

Second Congress IABSE (International Association for Bridge and Structural Engineering), 1936, Berlin, Preliminary Report, vol. 2.

Transformaciones técnicas y constructivas en modelos clásicos: una Estación de Ferrocarril en México

María Angélica Martínez Rodríguez

Las inmensas y prometedoras riquezas naturales del Estado de Durango en el centro-norte de México activaron la inversión extranjera y la subvención gubernamental para la construcción de las vías férreas a través de su gran territorio durante el último cuarto del XIX, comohabía estado ocurriendo en toda la República (Brida 1889, 112–116).

Interesaba a los accionistas norteamericanos el transporte de minerales y carga relacionada con esta actividad; en concreto el carbón mineral de las minas de Nueva Rosita en Coahuila a la ciudad de Durango. El magnate Henry E. Huntington, accionista de la empresa del Ferrocarril Internacional, así como de la compañía The Mountain Iron C^{o} que explotaba el Cerro del Mercado, la montaña de hierro dentro de la ciudad de Durango (Rodríguez López, 65),contemplaba grandes inversiones tal y como informaba eventualmente a sus lectores el periódico independiente de la ciudad La Evolución.

El gobernador general de Durango don Juan Manuel Flores impulsaría decisivamente la comunicación por ferrocarril (Ferrocarril Internacional) con la prolongación de la vía desde Torreón - un importante cruce de comunicaciones-, y la ciudad de Durango. Torreón formaba parte de la vía principal que unía la capital de la República con la frontera de Estados Unidos en la Ciudad Porfirio Díaz, Coahuila, actualmente conocida como Piedras Negras (Avitia, 15); sus esfuerzos le valieron el reconocimiento en algunas publicaciones contemporáneas (Brida 1889, 203).

En octubre de 1892 llegó a Durango el primer tren y el siguiente mes se celebró una gran inauguración con la presencia del secretario de Relaciones Exteriores don Ignacio Mariscal, en representación del general Porfirio Díaz. Las labores mineras dentro de la ciudad eran facilitadas por un ramal de poco más de un kilómetro hasta el pie del Cerro del Mercado. El afán de sus viajeros fue perpetuado cinco años más tarde en la película de *Hora del tren en Durango* filmada por los colaboradores de Tomas Alva Edison (Raigosa 1998, 28).

Las primeras instalaciones construidas en unos terrenos en el norte de la ciudad, contaban con una incipiente estación, un edificio que aún existe parcialmente, junto con otro edificio destinado al manejo de cargas, un tanque de agua elevado, y la Casa Redonda, que era un taller de planta circular en donde se daba el servicio de mantenimiento a las máquinas de vapor.

El sistema ferroviario de Durango quedó constituido casi en su totalidad durante la dictadura de Porfirio Díaz (1876–1911), y otras importantes obras de conexión se construyeron más allá de este período, -aún con grandes dificultades y el estallido de la Revolución Mexicana en 1910. Otros tres ramales servirían a las comunicaciones comerciales de la zona: uno hacia el noroeste, conectando con la zona forestal y minera de Tepehuanes y Guanaceví; el otro, hacia el occidente con el propósito de alcanzar la costa del Pacífico en Mazatlán atravesando la Sierra Madre Occidentaly que no se concluiría; y el último, hacia

el sureste que uniría Durango-Cañitas-Zacatecas, una conexión interrumpida por la Revolución de 1910 y terminada más tarde, en 1918 (Arreola 1995, 40–49).

Bajo el gobierno de Venustiano Carranza, en diciembre de 1914, los Ferrocarriles (FFCC) pasaron a ser propiedad del gobierno constitucionalista como Ferrocarriles Nacionales. Venustiano Carranza nombró a Felipe Pescador, nacido en Canatlán, Durango, Director General de los Ferrocarriles Nacionales de México, -un hombre hábil y comprometido-, que continuó con la construcción de líneas férreas en difíciles condiciones de guerra, terminando el tramo de Durango a Cañitas arriba mencionado (Avitia 2002, 41–43).

Felipe Pescador decidiría que Durango necesitaba una nueva estación de tren. Aun cuando se conoce un proyecto anterior y distinto al edificio del que nos ocuparemos, la actual Estación es obra de Manuel Ortiz Monasterio y fue construida entre 1918 y 1922 (figuras 1 y 2).

El edificio dispondría su fachada a lo largo de la calle de Leyva, hoy la actual Avenida Felipe Pescador, que ha experimentado varios cambios a lo largo de los años y que ha confinado en cierta manera a la Estación; aunque originalmente se encontraba integrada en una red bien comunicada con el centro cívico de la ciudad.[1] El tranvía circulaba por la calle Constitución –una calle principalmente comercial- pasando por la Plaza Mayor y continuando su recorrido urbano (García, 55–59); otras dos calles conectaban al viajero de la Estación con la ciudad, la del Coliseo, hoy calle Bruno Martínez, que remataba visualmente con el edificio, y la calle de Zambrano (hoy calle de Zaragoza). Un parque llamado de Ana de Leyva estaba previsto en el terreno libre cruzando la calle de Leyva.



Figura 1
Estación de FFCC de Durango. México (Fotografía de la autora)

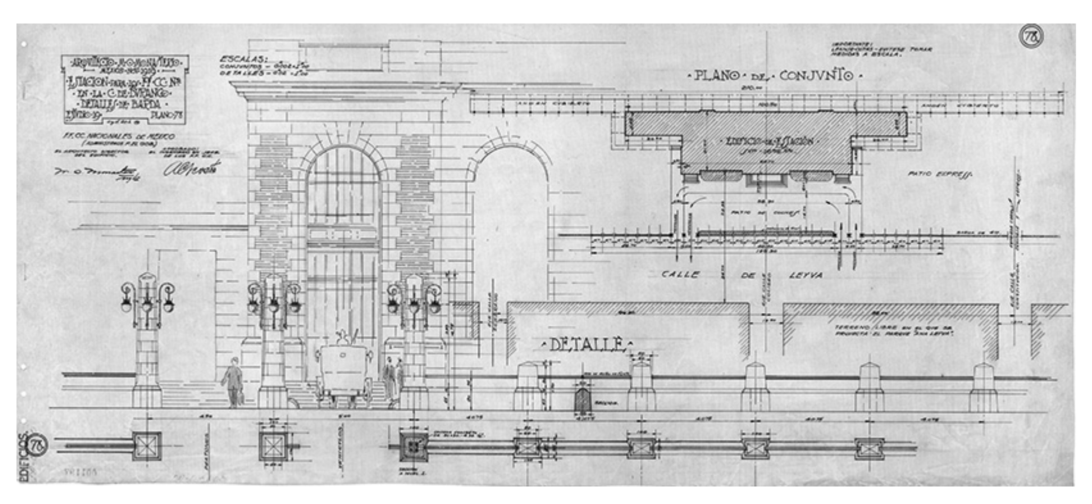


Figura 2
México. Planoteca del Centro Nacional para la Preservación del Patrimonio Cultural Ferrocarrilero (en adelante: México. Planoteca). Arquitecto M. O. Monasterio. Estación para los FF. CC. Ns. en la C. de Durango. Detalles de barda. Estudio 19. Plano 78. Nov., 1919. N° 1197

El autor

Manuel Ortiz Monasterio Popham, nacido en 1887 en la Ciudad de México, era hijo del Vicealmirante Ángel Ortiz Monasterio Irizarri y de María Cecile Popham Harris. Fue arquitecto por la Escuela de Arquitectura de la Academia de San Carlos desde 1913. Profesional competente, fue profesor de la Escuela Nacional de Arquitectura en cálculo de estructuras y materiales para la construcción (1922–1924), llegando también a ser su director. Desde 1923 a 1935, ejercería como presidente de la Sociedad de Arquitectos de México SAM (Noelle 1993, 114).

Realizó importantes proyectos, muchos en la Ciudad de México, como el edificio alto de La Compañía Nacional de Seguros (1930–1932), en la Avenida Juárez y el Eje Lázaro Cárdenas, en colaboración conBernardo Calderóncomo calculista y Luis Ávila. Con una silueta similar a un rascacielos norteamericano y rasgos Art Déco, esta es quizás su obra más reconocida, precursora de la construcción en vertical en concreto armado sobre piloteado profundo.

Construyó también varios edificios más con la colaboración de Luis Ávila, como La Mariscala (1943 - 1945) en el Eje Lázaro Cárdenas y Puente de Alvarado, y la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza (1955 – 1957) en Marina Nacional y Melchor Ocampo. También el anexo de la Nacional y el de Nacional Financiera (Anda 2001, 182, 349).

Su padre, Ángel Ortiz Monasterio Irizarri (1849 - 1922) fue un marino cuya brillante trayectoria en una época difícil, le ha merecido un lugar en la historia de México. Se formó en el Colegio Naval de San Fernando de Cádiz en España. En 1878 ingresó en la Armada Nacional mexicana. Fue Jefe del Departamento de Marina, Jefe del Estado Mayor Presidencial, Comandante de la Corbeta Escuela Zaragoza, docente, escritor, editor, y político (García 2006).

Probablemente, en contacto con el uso del hormigón armado al haber residido en Andalucía, un medio proclive a su empleo por ingenieros militares (Burgos 2009, 404–406), parece fácil su inclinación y dedicación posterior a la construcción naval; algunos de sus proyectos fueron publicados (Annales industrielles 1891, 327). Junto con el ingeniero naval don Miguel Rebolledo –formado en Francia- , y el Ingeniero Fernando González, fundarían entre 1901 y 1902, la primera agencia de Betón Arme Sest Hennebique (Santoyo 2013, 13, 14), empresa constructora de concreto empleando el sistema de Hennebique y de los pilotes Compressol, de la Societé Anonyme de Fundations par Compression Mecanique du Sol (Le Ciment 1912, 110–113).

El sistema Hennebique resultaba preferido a los otros sistemas contemporáneos porque suprimía las barras transversales, y empleaba estribos o corchetes, y su disposición parecía corresponder mejor con los principios mecánicos (Hernández 1901, 13).

En 1912, el ingeniero Miguel Rebolledo, era citado en Le Ciment Armé au Mexique de la publicación Le Ciment, son Emploi et ses Applications Nouvelles en France et à l'Etranger, como concesionario del Sistema Hennebique. Presentaba los trabajos de la ampliación de la Escuela Nacional Preparatoria de México, en donde la Casa Hennebique se había hecho cargo de los cálculos de su anfiteatro, la iglesia de la Sagrada Familia y el Hotel de la Ciudad de México, realizado con el arquitecto M. Manuel Garozpe. La publicación destacaba la solución de los arquitectos mexicanos al edificar una construcción monumental en hormigón armado y destinar la mampostería de piedra a revestirlo uniendo así la resistencia del primer material con la riqueza del segundo (Le Ciment1912, 110–113). Se conoce que el ingeniero Rebolledo continuaría diseñando y calculando en la década de los 20 (Schroeder 2002, 46).

La Estación de Durango sería una de las primeras obras de Manuel Ortiz Monasterio, cinco años después de haberse recibido (aunque no la única de esta tipología; se conservan varios planos de la estación nueva de San Luis Potosí elaborados por el mismo arquitecto y fechados en 1936; también proyectaría la estación de Balbuena en la capital mexicana). Una mínima relación, entre el sistema constructivo de la estación duranguense y la empresa paterna de Manuel Ortiz Monasterio, parece evidente.

Los 86 planos

Los detalles de todo el edificio están diseñados con excepcional esmero como se constata en los 86 planos firmados (exceptuando 4) por Manuel Ortiz Monasterio como arquitecto y director, y conservados en la Planoteca del Centro Nacional para la Preservación del Patrimonio Cultural Ferrocarrilero. El soporte de todos los planos es tela de lino (sheet) o tela

calca; los dibujos están trazados con tinta negra y de colores, y algunos de los dibujos están coloreados.

Los planos de la Estación (figuras 3 y 4) están fechados entre enero de 1918 y diciembre de 1919, a excepción de 3 planos: el Proyecto de las bodegas de Express y carga en Durango. Agosto de 1921. N° 1210, el Plano del drenaje y desagüe de las nuevas bodegas de Express y carga. Enero 6 de 1925. N° 1214, y el Plano de la estación de Durango. Sin fecha. Patios y líneas, N° 1421.Los planos de 1918 presentan el rótulo de los Ferrocarriles Constitucionalistas de México, razón social bajo el gobierno de Venustiano Carranza. Los planos de 1919 retoman la denominación de Ferrocarriles Nacionales de México, empresa conformada durante el Porfiriato.

Hasta finales del siglo XX, estos documentos estaban resguardos por el Archivo de Planos de Ferrocarriles Nacionales de México; después pasarían a la Planoteca del Centro Nacional de Preservación del Patrimonio Cultural Ferrocarrilero.[2]

Los planos de construcción fechados en 1918, permitirían comenzar la edificación a partir del siguiente año de 1919 (Avitia, 43). Solo el plano de Techos de concreto armado. 2° piso, Estudio 19. Plano 41, correspondiente a la estructura de concreto armado, está fechado en abril de 1919 (N° 1158).

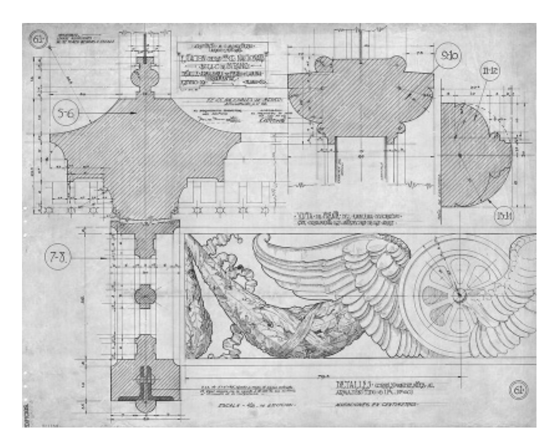


Figura 4
México. Planoteca. Arquitecto M. O. Monasterio. Estación de los FF. CC. Nacionales en la C. de Durango. Detalle de armazones de fierro y lámina ornamental. Estudio 19. Plano 61. Sept., 1919. N° 1180

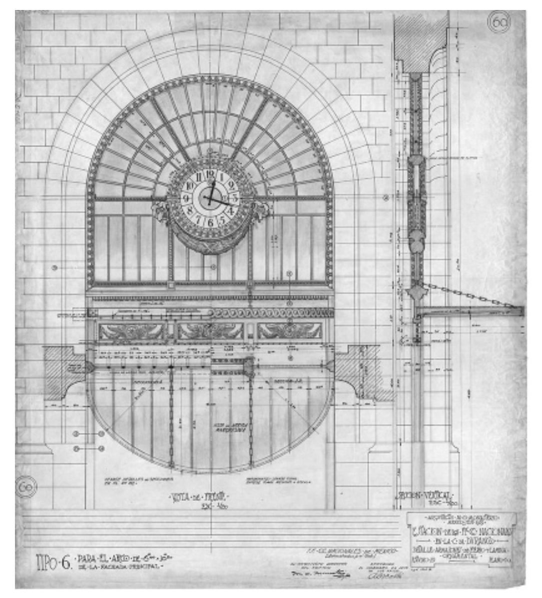


Figura 3
México. Planoteca. Arquitecto M. O. Monasterio. Estación de los FF. CC. Nacionales en la C. de Durango. Detalle de armazones de fierro y lámina ornamental. Estudio 19. Plano 60. Sept., 1919. N° 1179

La composición de la fachada

La Estación de Durango constituiría una de las más elegantes y señoriales de México, basta compararla con sus contemporáneas. De tamaño moderado, su escala y proporciones son suficientemente representativas.

Podríamos suponer que el diseño se fraguaría, como muy tarde, en 1917, momento en el que el Jefe de los Ferrocarrileros Constitucionalistas de México, Felipe Pescador mandó avanzar en el tendido de líneas de la vía Cañitas-Durango y los ingenieros Carlos Patoni y Pastor Rouaix elaboraron la Carta Geográfica Ferrocarrilera del Estado de Durango (publicada por Ferrocarrileros Constitucionalistas de Durango). La Estación formaba parte del impulso que Pescador tenía en mente para la región.

El investigador mexicano y académico del arte Francisco de la Maza apuntó que la Estación de Ferrocarril en Durango parecía estar inspirada en el Hôtel Salm de París, hoy Palais de la Legion d'Honneur (Maza 1948, 17).El Hôtel de Salm diseñado por Pierre Rousseau en 1782 seguía al hotel de

Condé de M. J. Peyre, proyecto no ejecutado pero que causó sensación en la Academia y fue reproducido en láminas (Pérouse de Montclos 2003, 438).

La obra parisina parecía estar en el ambiente americano durante el primer cuarto del siglo XX. El pabellón de París para la Panama Pacific International Exposition de 1915 en San Francisco, – obra del arquitecto americano George Adrian Applegarth (de la Firma Applegarth and MacDonald) y H. Guillaume (de París)-, había sido construido como una réplica del Hôtel.La primera máquina de vapor adquirida por la Southern Pacific Railroad, la C. P. Huntington, llamada así en honor al tío del accionista ferrocarrilero en Durango Henry Huntington, estuvo expuesta en este pabellón.

Una vez clausurada la exposición, el magnate azucarero Adolph B. Spreckels consiguió el permiso del gobierno francés para reconstruir el edificio para albergar un museo. La construcción se retrasó debido a la primera Guerra Mundial y se terminó en 1924. Actualmente alberga el Fine Arts Museum de San Francisco (sede Legión de Honor).

Ciertamente, la estación de Durango tiene un aire familiar. El rasgo más distintivo del hotel para el príncipe de Salm, que es una columnata abierta que hace de fachada a la calle pública y rodea el *cour* antecediendo un pórtico sin frontón, no está en Durango; pero evoca la composición de su fachada: un gran volumen de cantera labrada y ladrillo amarillo como «avant corps» a manera de arco de triunfo que conforma un hall de acceso, daba la bienvenida a los viajeros, flanqueado por dos pabellones y a su vez,encuadrado por otros dos volúmenes que se adelantany repiten el motivo del arco de manera reducida; además, tres arcos imitando al reducido, se abren en los pabellones aligerando la composición. El conjunto es rematado por una balaustrada que discurre por los tres volúmenes (figuras 5, 6 y 7).

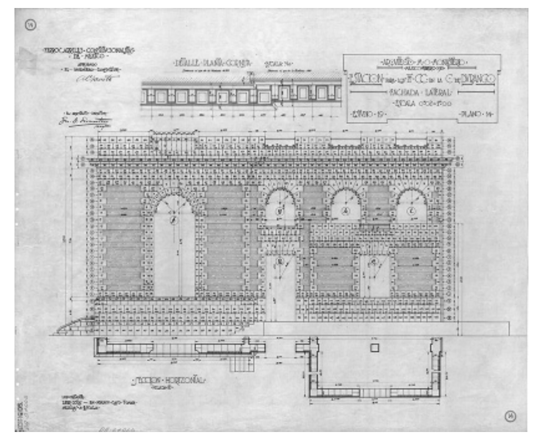


Figura 5
México. Planoteca. Arquitecto M. O. Monasterio. Estación para los FF. CC. en la C. de Durango. Fachada principal. Estudio 19. Plano 13. Febrero, 1918. N° 1131

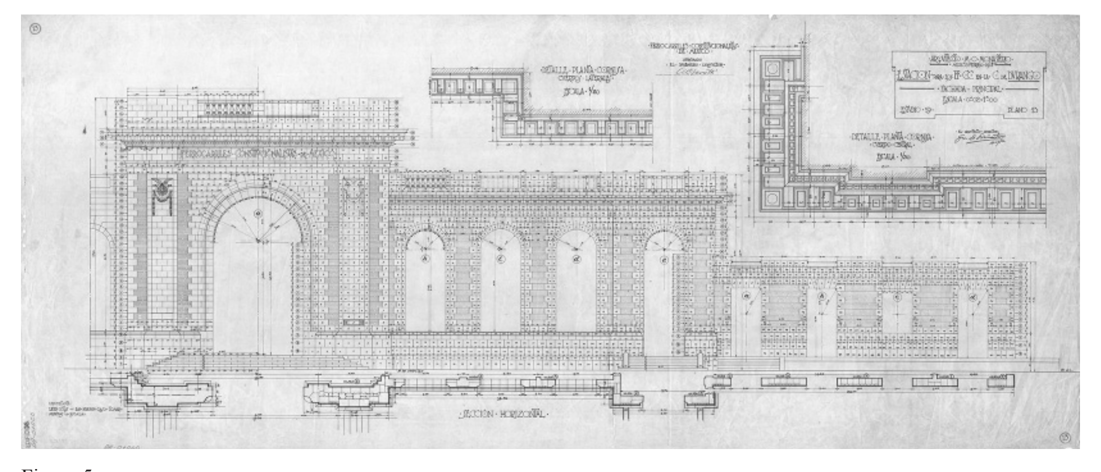


Figura 5
México. Planoteca. Arquitecto M. O. Monasterio. Estación para los FF. CC. en la C. de Durango. Fachada principal. Estudio 19. Plano 13. Febrero, 1918. N° 1131

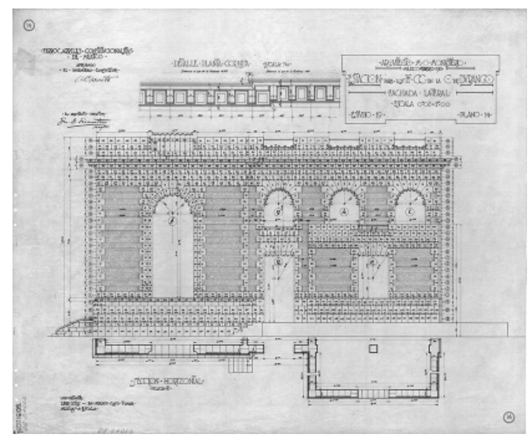


Figura 6
México. Planoteca. Arquitecto M. O. Monasterio. Estación para los FF. CC. en la C. de Durango. Fachada lateral. Estudio 19. Plano 14. Febrero, 1918. N° 1132

Pasados los primeros años de la introducción de las máquinas de vapor en el transporte que revolucionó América y en donde las estaciones construidas eran edificios modestos y provincianos, elementales para cobijar a los viajeros, la tendencia era construir nuevas y cómodas estaciones. En los Estados Unidos y en los años que nos ocupan, Jacques Gréber (Gréber 1920, 2: 49), destacado arquitecto de Beaux Arts, ilustraba en una de sus publicaciones, los edificios que resumían la concepción de una estación moderna y funcional.

Las modélicas estaciones de Washington (D. H. Burnham y arquitectos), New York (Warren and Wetmore arquitectos), o Chicago (Graham, Anderson, Probst and White, arquitectos) presentaban una planta bien distribuida, proporciones monumentales en sus salas de espera, de acceso y descenso a los andenes, a su vez, espaciosos y directos, rampas en lugar de escalinatas, confortables restaurantes, o numerosos servicios sanitarios. Su bella apariencia se conseguía a través de la tradición clásica.

La estación de Durango siguió esta tendencia norteamericana; su bella apariencia se conseguía evocando un edificio francés y la funcionalidad de sus instalaciones, se lograba con un programa arquitectónico bien resuelto; el hormigón armado permitía amplios y cómodos espacios.

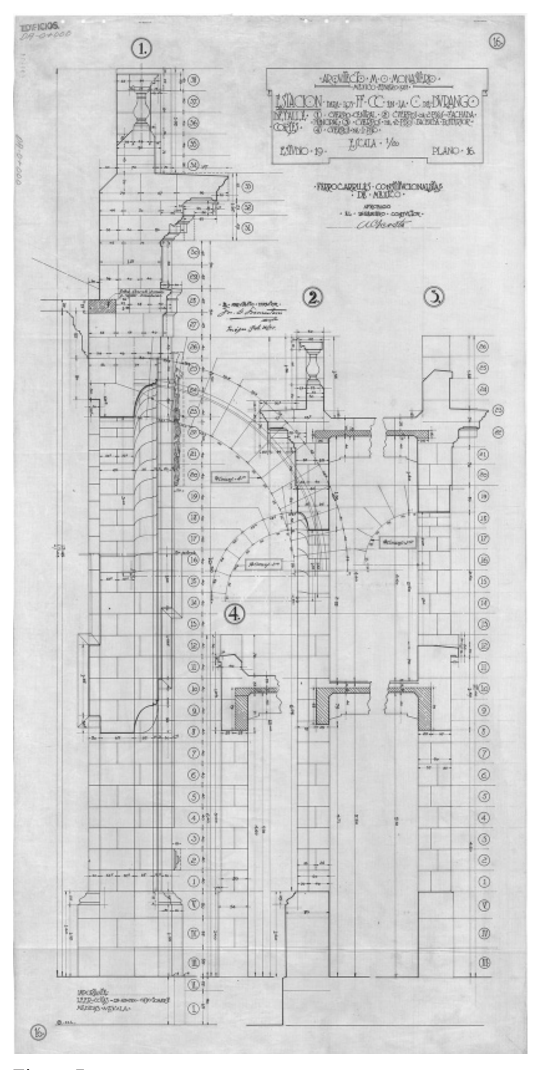


Figura 7
México. Planoteca. Arquitecto M. O. Monasterio. Estación para los FF. CC. en la C. de Durango. Detalle cortes. 1. Cuerpo central. Cuerpos de 2 pisos. Fachada principal 3. Cuerpos de 2 pisos. Fachada posterior 4. Cuerpos de 1 piso. Estudio 19. Plano 16. Febrero, 1918. N° 1134

La estructura

La cimentación del edificio se proyectó con zapatas de concreto armado, aisladas y corridas (figura 8). Desconocemos si hubo un estudio de mecánica de suelos que justifique este tipo de solución, así como

las dimensiones que presentan las zapatas. Teniendo en consideración la calidad del suelo en Durango (distinta a la de Ciudad de México), la cimentación se presenta muy bien armada.

Los muros son de mampostería irregular, y recubiertos de cantera labrada o ladrillo amarillo. Las piedras dibujadas están numeradas demostrando un alto nivel de detalle en el diseño, con el propósito de un seguimiento total en la ejecución de la obra (figura 9).

También hay un análisis estructural absoluto y detalladísimo, que sustentan los dibujos, obedeciendo a la distribución de cargas y esfuerzos; además, los planos de concreto armado remiten a un cuaderno de cálculo (figuras 10, 11 y 12). La firma de Bernardo Calderón,

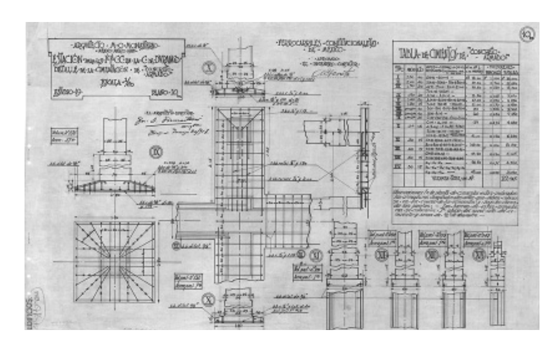


Figura 8
México. Planoteca. Arquitecto M. O. Monasterio. Estación para los FF. CC. en la C. de Durango. Detalle de la cimentación de concreto armado. Estudio 19. Plano 10 bis. Marzo, 1918. N° 1127

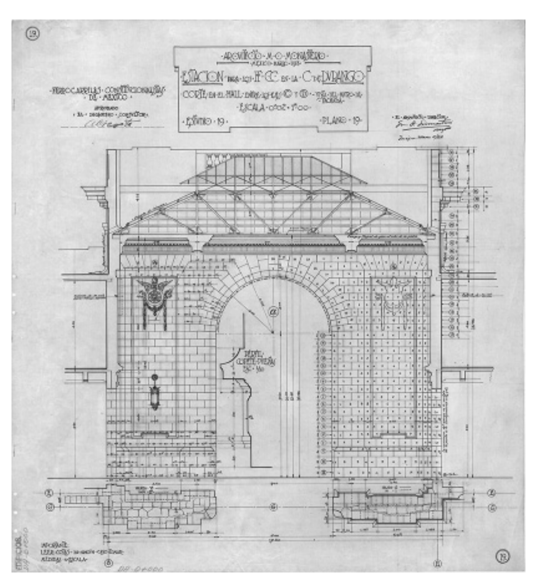


Figura 9
México. Planoteca. Arquitecto M. O. Monasterio. Estación para los FF. CC. en la C. de Durango. Corte en el hall entre los ejes C y D. Vista del muro de fachada. Estudio 19. Plano 19. Marzo, 1918. N° 1137

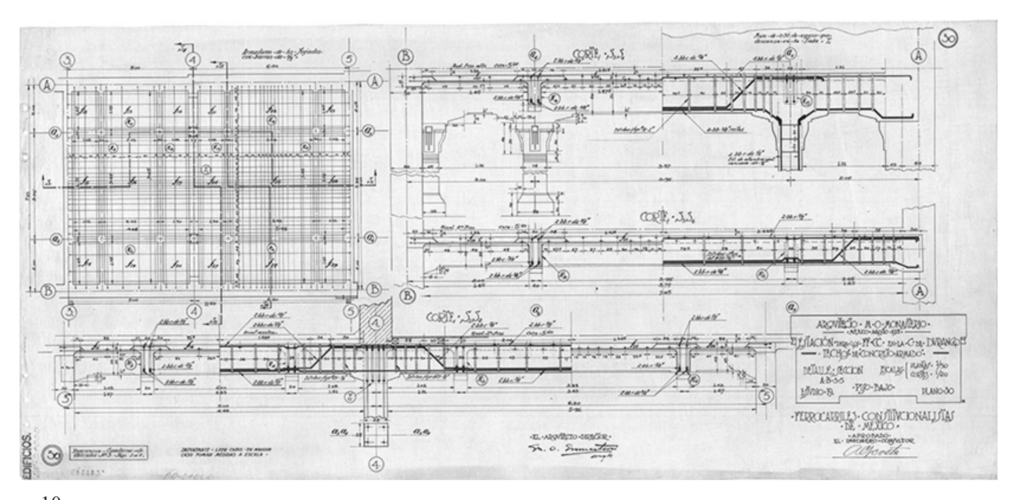


Figura 10
México. Planoteca. Arquitecto M. O. Monasterio. Estación para los FF. CC. en la C. de Durango. Techos de concreto armado. Detalle de sección A-B, 3–5. Piso bajo. Estudio 19. Plano 30. Agosto, 1918. N° 1149

calculista con el que Manuel Ortiz Monasterio trabajaría en proyectos posteriores en la Ciudad de México, mencionado más arriba, aparece en uno de los planos de techos de concreto armado (Plano 35).

La nueva estación, ordenada a partir de un gran hall de pasajeros, de doble altura, resolvía su cubierta con un entramado de vigas a la vista y enriquecidos con adornos y plafones decorados. Y los planos de la escalera proyectada exhibían una solución propia del concreto armado, donde cada contrahuella o peralte de los escalones funcionaba como una pequeña viga en cantiléver.

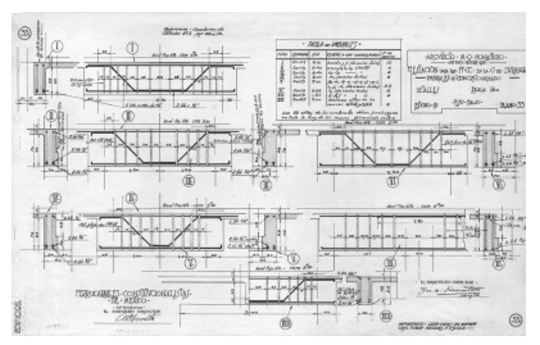


Figura 11
México. Planoteca. Arquitecto M. O. Monasterio. Estación para los FF. CC. en la C. de Durango. Umbrales de concreto armado. Detalles. Piso bajo. Estudio 19. Plano 33. Octubre, 1918. N° 1152

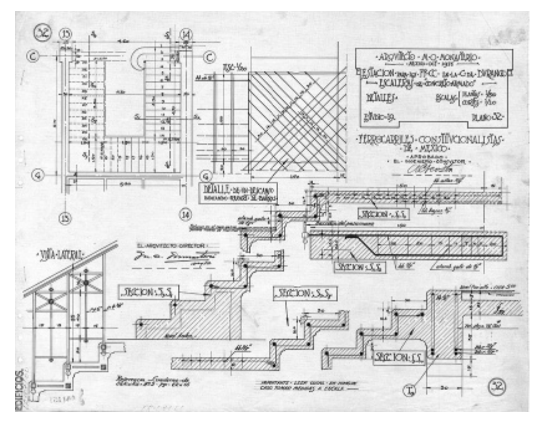


Figura 12
México. Planoteca. Arquitecto M. O. Monasterio. Estación para los FF. CC. en la C. de Durango. Escaleras de concreto armado. Detalles. Estudio 19. Plano 32. Octubre, 1918. N° 1151

La distribución

El patio de coches se previó capaz de albergar holgadamente doce vehículos: ocupaba los 60.70 m de largo de la fachada de la estación y 16,50 m de profundidad. Los pasos a los coches se proyectaron de 5 m, y unas divisiones de 4,07 o 4,08 m señalaban los sitios para los estacionamientos en la divisoria del patio con la calle de Leyva, delimitada por una barda. Las circulaciones de carruajes y de peatones aparecen señaladas.

El hall distribuía a un vestíbulo que daba acceso directo al andén y a dos salas de espera para 60 personas, simétricas, con sus servicios (de señores y señoras), una de primera clase, y la otra, de segunda, que correspondían a su vez a las circulaciones de las oficinas de venta de boletos; un paso o ambulatorio abierto hacia el andén, de 4,90 m permitía la circulación desde el ambulatorio principal, a la vez que la ventilación a través de una larga ventana, a 3,34 m, de los servicios sanitarios (figura 13).

En el ala este, en la crujía próxima a la calle, se encontraba la oficina del agente de boletos, revisador y ayudante, cajero y empleados de cajero; una caja

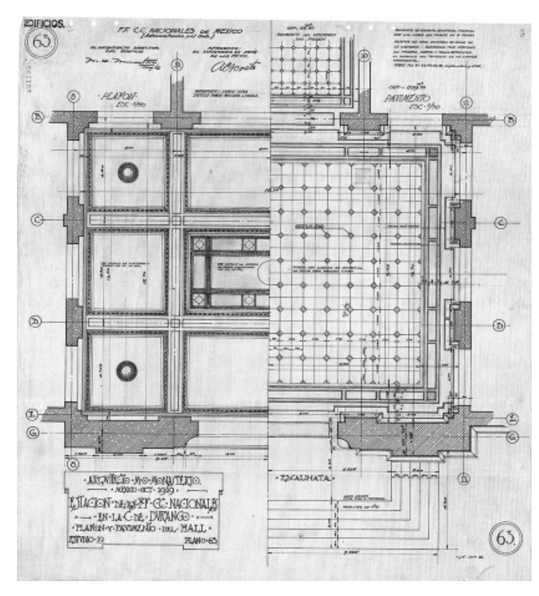


Figura 13
México. Planoteca. Arquitecto M. O. Monasterio. Estación de los FF. CC. Nacionales en la C. de Durango. Plafón y pavimento del hall. Estudio 19. Plano 63. Oct., 1919. N° 1182

fuerte y un archivo de concreto, se disponían en el pasillo que comunicaba con el privado del Jefe de la estación, con espacio suficiente para el oficial mayor y un mecanógrafo. También alojaba la escalera que conducía a la Superintendencia y al despacho del Ingeniero de división. Enfrente, se encontraba la oficina del pesador, empleado de reclamos, de carros y jefe de carreros. A continuación, en el volumen menor, con acceso al patio de coches y al andén, se encontraban, los 3 espacios destinados al Equipaje, Express y oficina transfer y Correos.

En el ala contraria, la del oeste, el ayudante del boletero se hacía cargo de la zona de segunda clase; al lado de su oficina, se encontraba la del agente de publicaciones y ventas, y la oficina postal; a continuación, dejando un espacio público, estaba la oficina telegráfica federal, una escalera que comunicaba con la oficina de telégrafo y despachadores, la oficina para servicio de auditores; y en el extremo, una sala de espera especial. El volumen menor alojaba dos restaurantes, de primera y segunda clase, con su cocina y despensa; en el extremo, se hallaba el espacio para el pagador de división y ayudante (figura 14).

En la planta alta se resolvía un completo programa arquitectónico de despachos para funcionarios y empleados de los FFCC. La crujía del hall y el ala este albergaba espacios más reducidos que correspondían a las oficinas del numeroso personal: despacho de los empleados del jefe de trenes, los despachos comunicados del inspector de máquinas, jefe de vía, oficial mayor y taquígrafo, y de sus empleados: tomador de tiempo, archivero y mensajero; un despacho para el ingeniero de división comunicado con el del oficial mayor y sus empleados. Unos baños, casilleros para empleados y un Archivo y papelería (para la superintendencia) servían a estas oficinas. Un despacho de mayor área correspondía al Privado del superintendente, al que antecedía una sala de espera y un cuarto para el mecanógrafo. En el ala opuesta, se disponían áreas comunes destinadas a la Sala de instrucción de empleados y Sala de telegrafistas, con sitio para 12 telegrafistas, el jefe y un mensajero, más un mostrador para la atención del público; próximo, se encontraba un cuarto de Baterías con un armario con 10 tablas para vasos y cómoda para implementos de telégrafos. Al fondo del ala, se encontraban tres oficinas: la del Jefe de Despachadores, de Despachadores y el Archivo y Dependiente del Jefe de Despachadores (figura 15).

La Estación de Durango recoge el hecho arquitectónico de un momento muy específico de la arquitectura mexicana de principios del siglo XX. Los modelos clásicos continúan siendo el referente de las tipologías arquitectónicas como ocurre con el edificio público del servicio de transporte. Las transformaciones técnicas y constructivas, como es el caso del empleo del concreto armado, se introducen en las edificaciones transformando sus espacios o creando soluciones propias del uso de estas técnicas, y mostrando rudimentariamente algunos rasgos que ganarían terreno en la arquitectura posterior, como la intención de exponer a la vista algunos elementos estructurales, incluso enfatizándolos a través de elementos decorativos, o el empleo de soluciones constructivas especiales.

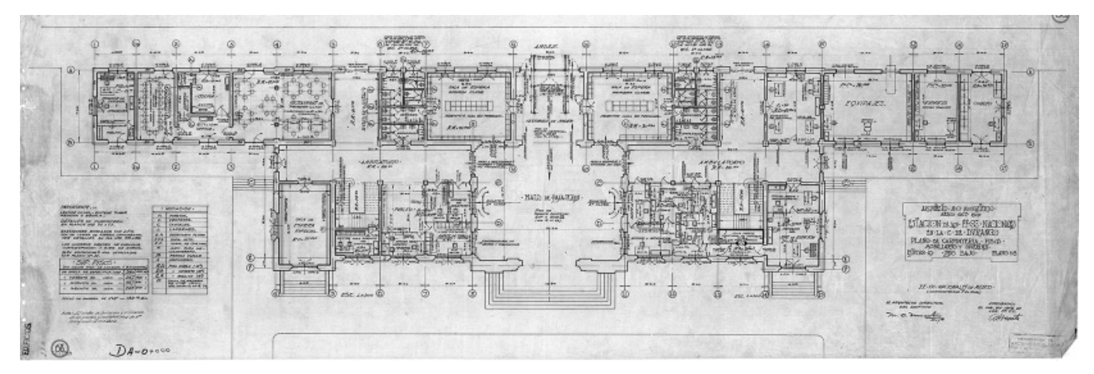


Figura 14
México. Planoteca. Arquitecto M. O. Monasterio. Estación de los FF. CC. Nacionales en la C. de Durango. Plano de carpintería. Pisos, mobiliario y diversos. Piso bajo. Estudio 19. Plano 68. Oct., 1919. N° 1187

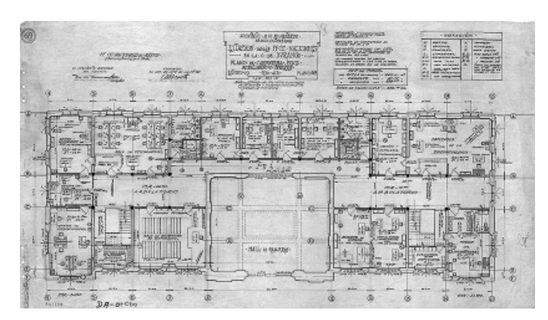


Figura 15
México. Planoteca. Arquitecto M. O. Monasterio. Estación de los FF. CC. Nacionales en la C. de Durango. Plano de carpintería. Pisos, mobiliario y diversos. Piso alto. Estudio 19. Plano 69. Octubre, 1919. N° 1188

Las corrientes y los estilos se sucederían con rapidez en la convulsa década de la Revolución Mexicana: el arte y la arquitectura Beaux Arts precederían a los dictámenes del Ministro Vasconcelos, que durante el gobierno del General Álvaro Obregón (1921 – 1924), apoyarían a los muralistas y patrocinaría el estilo neocolonial; después en períodos posteriores, se experimentaría con el Art Déco. Los arquitectos de este período participaron eventualmente de algunas de estas corrientes y estilos en su propia obra, en un proceso de transformación y búsqueda de una nueva arquitectura.

Notas

1. México. Archivo Histórico del Estado de Durango, Rollo 186, Exposición 461, Caja 59, Expediente 8, Año 1910, Fojas 3, Documentos relacionados con los terrenos ocupados por la compañía de los Ferrocarriles Nacionales en la línea de Durango. Serie: Terrenos.
2. Agradezco esta información y las facilidades para la consulta de los documentos al Ingeniero Alfredo Nieves Medina, Jefe de Departamento de Planoteca del Centro Nacional para la Preservación del Patrimonio Cultural Ferrocarrilero.

Lista de referencias

Anda Alanís, Enrique X. de. 2008. *La Arquitectura de la Revolución Mexicana. Corrientes y estilos en la década de los veinte.* México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Estéticas.

Anda Alanís, Enrique X. de (coordinador). 2001. *Ciudad de México: arquitectura 1921–1970*. Sevilla [etc.]: Junta de Andalucía, Consejería de Obras Públicas y Transportes.

Annales industrielles 1891. 1869–1895 Vingt-Troisième Année – 13 Septembre.

Arreola Valenzuela, Antonio. 1995. Comunicaciones y cambios estructurales durante el porfiriato. En *Historia Económica del Norte de México (siglos XIX y XX), Durango (1840–1915) Banca, transportes, tierra e industria* (Director Mario Cerutti). Monterrey, N. L.: Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Instituto de Investigaciones Históricas de la UJED.

Avitia Hernández, Antonio. 2002. *Llanos franqueados y sierras aisladas, Historia de los ferrocarriles en el estado de Durango.* México: Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango COCyTED.

Brida y Arteaga, Francisco de y Rafael Pérez Vento. 1889. *Méjico Contemporáneo*, Madrid.

Burgos Núñez, Antonio. 2009. *Los orígenes del hormigón armado en España.* Madrid: CEDEX.

Burian, Edward. 2015. *The Architecture and Cities of Northern Mexico from Independence to the Present*. Texas: University of Texas Press.

García Maquivar, Juan Ramón. 2009. *Curiosidades duranguеñas y otros menjurjes. De las actas de Cabildo, Ayuntamiento de Durango (1743–1922).* Durango: Gobierno Municipal, IMAC.

Gréber, Jacques. 1920. 2: *L'architecture aux* États-Unis: *Preuve de la forced'expansion du génie français...* / preface de Victor Cambon, Tome Second. Paris: Payot.

Hernández Rubio, Francisco. 1901. *Consideraciones sobre el hormigón armado: conferencia dada en el Ateneo de Jerez de la Frontera la noche del 13 de marzo de 1901 por Francisco Hernández Rubio*. [S.l.] [s.n.] Jerez: Imp. «El Guadalete».

Legion of Honor Museum. San Francisco, CA. https://legionofhonor.famsf.org/about/history-legion-honor
(Consultada el 13.06.2017)

Jáuregui, Luis. 2004. *Los transportes, siglos XVI al XX, Historia Económica de México* (Enrique Semo, coordinador). México: UNAM, Editorial Océano.

Javier Sanchiz (IIH-UNAM) + Víctor Gayol (CEH-ColMich). Geneanet http://gw.geneanet.org/sanchiz?lang=en&p=manuel&n=ortiz+monasterio+popham (Consultada el 13.06.2017)

Le Ciment, son Emploi et ses Applications Nouvelles en France et à l'Etranger, Juin 1912.17eAnnée. N°6, Éditeur: [s.n.] (Paris).

Maza, Francisco de la. 1948. *La Ciudad de Durango, Notas de Art.,* México: Fondo de Cultura Económica.

Noelle, Luoise. 1993. *Arquitectos Contemporáneos de México*. México: Trillas.

Pérouse de Montclos, Jean-Marie. 2003. *Histoire de l'Architecture Francaise. De la Renaissance à la Révolution*. París: Mengès.

Raigosa Reina, Pedro. 1998. *Durango: fin de siglo, la llegada del cine 1897–1898*. Durango: Universidad Juárez del Estado de Durango, Filmoteca UJED, Instituto de Investigaciones Históricas UJED, Museo Regional de Durango.

Rodríguez López, María Guadalupe. 2015. *Historia Social de los Bancos en Durango (1890 – 1907)*. México: Instituto de Investigaciones Históricas de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

Santoyo Villa, Enrique. 2014. Miguel Rebolledo. Los pilotes Compressol y el concreto Hennebique. *Geotecnia* 230, 13–14. Órgano Oficial de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A. C. www.smig.org.mx(Consultada el 13.06.2017)

Schroeder Cordero, Arturo. 2002.*Una mirada cercana*. Casa Universitaria del Libro.

García González, María del Rosario, Amador Martínez, Ángel. 2006. *Vicealmirante Ángelo Ortiz Monasterio Irizarri (1849–1922)*. México: Secretaría de Marina del Gobierno de México http://www.semar.gob.mx/vicealmirante_angel_ortizmonasterio/semblanza.htm(Consultada el 13.06.2017)

La dignificación del hormigón en las iglesias modernas: el caso de las parroquias vascas

Amaia Mateos Valiente

La historia de la construcción está inequívocamente ligada a la apariencia e identidad de los edificios. Tanto es así que un edificio se puede situar en el tiempo y en el espacio utilizando como criterio su método constructivo y el empleo de materiales.

A lo largo de la historia la Iglesia Católica ha usado en la construcción de sus templos y edificios representativos los materiales de construcción más idóneos y las técnicas más avanzadas, sin identificarse exclusivamente con un estilo o sistema, sin tomar ninguno como exclusivo: «Precisamente la historia del arte religioso es la historia de los estilos artísticos» (Fernández Arenas 1963, 17). La propia situación y la sociedad de su entorno son las que han condicionado sus construcciones. En el caso de las iglesias del siglo XX seguirá siendo del mismo modo, como recordará el Concilio Vaticano II, aunque la integral reforma de la Iglesia hará que se apueste por la sobriedad y la austeridad, dando paso a templos más acordes con estos valores.

En este caso, se pretende resaltar la evolución en el empleo del hormigón, un material que viene utilizándose en edificios de distintas finalidades desde la antigüedad, especialmente en combinación con fábricas cerámicas. En los edificios religiosos las formas de decoración y de uso han ido cambiando, hasta llegar a etapas en las que los elementos constructivos y de cerramiento se revestían por completo y todos los elementos decorativos eran bienvenidos. Superados los revivals de finales de siglo XIX, que utilizaban las técnicas de la época para conseguir un aspecto y volúmenes que copiaban los anteriores, los arquitectos del siglo XX se enfrentarán a los edificios religiosos como lo han venido haciendo, con soluciones que abordaban los diseños mediante el uso de nuevos materiales, técnicas y lenguajes, que vendrán acompañados de grandes trazos funcionalistas.

La siguiente exposición pretende hacer un breve recorrido por las construcciones religiosas de tipo parroquial de la segunda mitad del siglo XX, centrándose en el territorio de las tres provincias de la Comunidad Autónoma Vasca. Euskadi es un buen ejemplo para estudiar como región en este campo debido a la gran cantidad de edificios religiosos modernos con los que cuenta. Ya antes del Concilio, fue el escenario que acogió el concurso convocado por los franciscanos de Arantzazu, resultando en la fabulosa combinación de arquitectura y arte moderno que es el Santuario de Sáez de Oiza y Laorga. «Arantzazu se convierte así, por derecho propio, en símbolo de modernidad y de vanguardia de todo un pueblo» (Kortadi 1993, 22). El carácter rural del entorno, las grandes dimensiones del edificio y un programa de necesidades distinto al de las parroquias urbanas de los barrios nuevos lo alejan del conjunto que se estudia. Sin embargo, será un referente en cuanto al uso de los materiales, a la sinceridad constructiva y a la sobriedad de los espacios.

Se traen ejemplos de parroquias construidas en Euskadi desde el desarrollismo hasta la reconversión industrial[1], que muestran una evolución y una aceptación gradual respecto al hormigón por parte de la

propia iglesia, de los arquitectos y artistas, y de la sociedad. Partiendo de iglesias en las que este material sólo se empleaba en la estructura, para después ser cubierto, se llega a una etapa posconciliar con una gran mayoría de edificios voluntariamente desnudos, soluciones que se van despojando de añadiduras banales y muestran sus estructuras y cerramientos, esqueleto y piel, característica de las parroquias modernas. Yendo un paso más allá, el hormigón se empleará de manera brutalista y será el responsable de la estética y embellecimiento del edificio. Finalmente, con la introducción generalizada en las iglesias de las estructuras de metal, el hormigón y el cemento habrán ganado el estatus de ser unos materiales dignos de representar imágenes y de componer los murales de los retablos modernos.

Años 50: apreciación del hormigón por sus cualidades estructurales

Las iglesias vascas de segunda mitad de siglo van a estar marcadas por el fuerte proceso de industrialización y emigración que sufrirá Euskadi, que si bien ya era una zona con un segundo sector económico de gran potencia (especialmente en la zona del Gran Bilbao debido a los astilleros, altos hornos y minería), se volverá uno de los focos más importantes del país.

Las primeras iglesias de barrios nuevos construidas ya con un lenguaje moderno aparecen en esta década, e irán superando el racionalismo cargado de elementos tradicionales de los templos anteriores. Entre las soluciones adoptadas, priman las construcciones económicas, de gran aforo, con el hormigón como material principal de estructura. El uso estructural del hormigón estaba muy extendido, debido a sus apreciadas ventajas constructivas, asociadas a la rapidez en la ejecución y a la economía de la misma. Sin embargo, su uso aparece limitado a elementos portantes, siendo las dos soluciones más extendidas para su revestimiento los aplacados de piedra y los enfoscados y estucos pintados. Este empleo del material será casi exclusivo y apenas se dejará visto; las soluciones curvilíneas más plásticas tendrán que esperar.

Debido a la relación entre las dimensiones de las columnas y las luces que soportan, inalcanzables para otros sistemas como la piedra o la madera, es sencillo distinguir el uso del hormigón en estas construcciones. Los espesores de las piezas horizontales de aleros y porches son posibles solo gracias a las losas finas de hormigón armado y delatan el material empleado.

Uno de los primeros ejemplos destacables en Euskadi será Santa Teresa de Jesús (figura 1), de Barakaldo, diseñada en 1953 por el arquitecto Ricardo Bastida, quien falleció antes de la ejecución de las obras. Tras su muerte, el encargo pasó a manos de Emiliano Amann Puente, que introdujo algunas modificaciones y dirigió las obras. Aunque respetó en gran medida el proyecto, modernizó su estética y redujo los elementos decorativos previstos. La torre del campanario, de hormigón, aún se diseña unida al templo, aunque la tendencia con los años será la de otorgarle un carácter propio. En el exterior se aprecian volúmenes más tradicionales, con unas cornisas que delatan el uso del hormigón; se cubre el edificio con un tejado a dos aguas y porche sobre las escaleras de la fachada principal, lo que le aporta un aspecto bastante tradicional con rasgos racionalistas, habituales en las parroquias preconciliares, aunque se trata ya de un volumen realizado en ladrillo caravista. El espacio interior incorpora una gran vidriera al fondo de la nave y numerosas entradas de luz latera-



Figura 1
Interior de la iglesia de Santa Teresa de Jesús, Barakaldo (Fotografía de la autora).

les y sobre el presbiterio; destacan el techo y los lunetos de la nave, típicos de la obra religiosa de Bastida. Los pórticos de hormigón que soportan la cubierta a dos aguas quedan cubiertos por un techo de láminas de madera, con forma de bóveda de cañón rebajada.

Este sistema estructural de pórticos de hormigón armado, con la cubierta a dos aguas, muy sencillo y básico será el más extendido en las iglesias de esta década. Es el caso de la iglesia de Nuestra Señora de Arantzazu de Zizurkil (1957), proyectada por Félix Llanos. La estructura principal del edificio se realiza en hormigón armado. Sin embargo, la naturaleza del material no se oculta, es más, las marcas del encofrado son visibles en los pilares. La estructura del techo de la nave incorpora unos elementos secundarios en madera, que quedan embebidos en los pórticos de hormigón. Los dientes de las fachadas longitudinales, que funcionan como unos contrafuertes de hormigón, permite la incorporación de vidrios en toda la altura del muro, dispuestos de forma que iluminen el presbiterio y no se produzcan deslumbramientos. La imaginería y los elementos del presbiterio también se elaboran con cemento, de color claro y acabado liso. Es una de las primeras iglesias vascas con tal grado de sinceridad constructiva y uso del hormigón en imaginería.

Una iglesia más pequeña que la de Zizurkil, pero aún más moderna es la de San Cosme y San Damián (figura 2) en el barrio de Beci, en Sopuerta (Bizkaia). El arquitecto, Rufino Basáñez, recurre a una solución singular para un ámbito compuesto por unos pocos caseríos y casas bajas, lejos de las zonas industriales. Es un volumen excepcional dentro de los templos construidos en Euskadi, un prisma triangular equilátero que recuerda a otras iglesias modernas, como Nuestra Señora de la Medalla de la Milagrosa, en México, terminada en 1955 y diseñada por Félix Candela. Más sobria y modesta, Basáñez introduce elementos del entorno rural, como la piedra y la madera. Los pórticos triangulares se componen de dos piezas de hormigón armado de unión articulada, que se apoyan en un pequeño zócalo de mampostería antes de tocar el suelo. Las pequeñas aperturas ortogonales de cristales de colores en el espeso muro de la entrada recuerdan, inevitablemente, a Notre Dame du Haut en Ronchamp (1950–1955), obra de Le Corbusier. Junto a la iglesia se yergue el campanario de hormigón visto, que se encuentra en un preocupante estado de conservación.

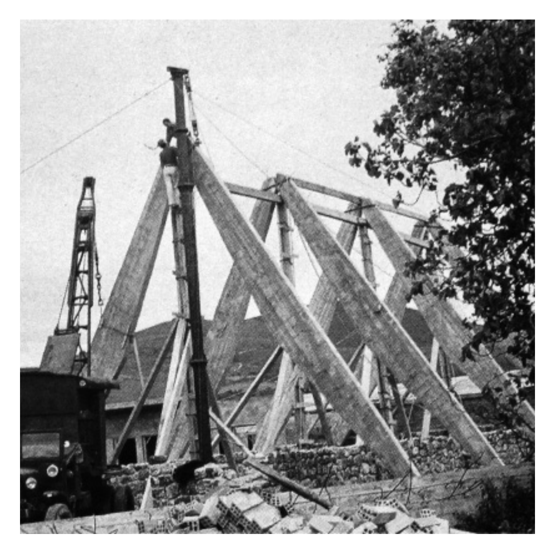


Figura 2
Fotografía tomada durante la construcción de la parroquia de San Cosme y San Damián en el barrio de Beci, Sopuerta (Pérez de la Peña Oleaga 2004, 256).

Años 60: experimentación formal y visibilización del hormigón estructural

Durante los primeros años de la década de los sesenta coincidieron una serie de circunstancias que hicieron de Euskadi un lugar idóneo para la experimentación y la aceptación social de los materiales y formas.

En el ámbito religioso y a nivel mundial el acontecimiento del siglo fue el Concilio Vaticano II, que además de los cambios litúrgicos de gran dimensión y profundidad que supuso, se propuso demostrar esa idiosincrasia aperturista en sus templos. Entre los cambios que afectaron directamente a la concepción arquitectónica se encontraba el de la posición del oficiante, que a partir de este momento se situará de cara a los asistentes. Se buscaba una iglesia en la que la atención recayera en Cristo, lo que trajo la supresión de las capillas laterales y devocionales en el planteamiento de los nuevos proyectos, que apostarán por espacios unitarios que se prestan al diálogo. Además, se fomentaba el uso sincero de los materiales y la omisión de lo superfluo[2]; debido a ello, las plantas tenderán a acortarse y los espacios a ser más amplios y libres de apoyos intermedios. El hormigón

será el elemento al que recurrirán muchos arquitectos para solventar estas solicitaciones estructurales tan comprometidas, que generarán mayores secciones y cantos como consecuencia directa de las grandes luces a cubrir. Posteriormente, estas piezas se agrandarán superando el funcionalismo estructural, obteniendo resultados brutalistas que otorgan valor organizativo y ornamental a este material.

Por otro lado, tras la intervención del Gobierno formado a finales de los cincuenta por los Tecnócratas y sus esfuerzos en mejorar la economía estatal, el País Vasco se convertía en una de las zonas más industrializadas del Estado. La densidad poblacional y la explotación residencial apenas contaron con infraestructuras o equipamientos que permitieran funcionar con normalidad a los barrios. Surgieron así nuevas feligresías e iglesias de barrio, de reducidos presupuestos, que contaban usualmente con un amplio programa para compensar la escasez de edificios culturales y de ocio.

La economía aceleró un sistema de construcción moderno y sincero con los materiales, que se adecuaba a las directrices del Concilio Vaticano II, donde los cerramientos y la estructura lucían sin recubrimientos, dando pie a la imagen de parroquia de barrio que se forma en la mente de nuestra sociedad. Las parroquias imitaron a los edificios residenciales material y formalmente, adoptando una estética de volúmenes ortogonales acabados en ladrillo caravista, construidos con estructura de hormigón armado, materiales y técnicas que se venían utilizando pero que solo se dejaban sin revestir en edificios más funcionales, dedicados al mundo laboral o industrial. Una estética profana, con inspiración en el mundo industrial y residencial, fue la que se apoderó de las iglesias.

Durante esta década en Bizkaia se dispara la construcción de parroquias. Ante la necesidad de templos en el tejido urbano ya colmado de edificios residenciales en Bilbao, los arquitectos tendrán que lidiar con solares de características complicadas. Uno de ellos es la iglesia de la Asunción de Nuestra Señora (Bilbao, 1964) (figura 3), obra de José Pablo Sans de Gironella. El terreno se sitúa entre medianeras en un sentido y posee una diferencia de cota entre los otros dos límites del solar de 16 metros. Como consecuencia, se proyectaron el espacio de culto principal y la capilla de diario en dos alturas diferentes. La estructura se realiza en hormigón armado, y se sitúa de tal

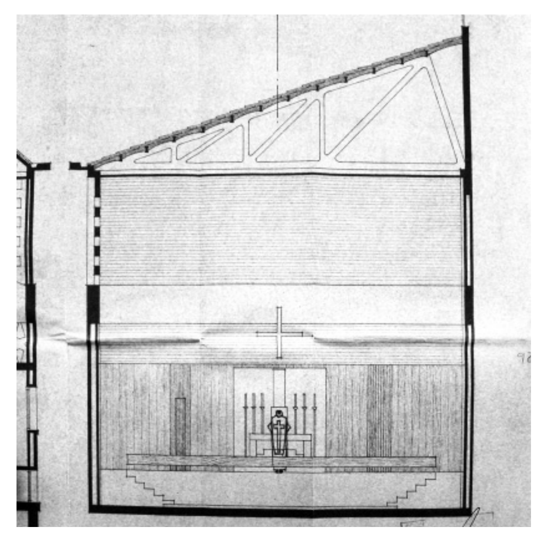


Figura 3
Sección transversal de la nave de la iglesia de la Asunción de Nuestra Señora (Archivo Municipal de Bilbao, expediente 62–5–196)

forma que permite la ausencia de apoyos molestos, situando los principales elementos portantes entre ambos espacios. Estas piezas se sobredimensionan y se deja visto el hormigón, sin revestimientos. La estructura de la cubierta se forma a base de unas cerchas triangulares del mismo material, pero a diferencia del resto de elementos de la estructura, quedan ocultas bajo un falso techo de láminas de madera.

Sin duda, el hormigón estructural visto aportaba numerosos beneficios a este tipo de edificaciones: el ahorro de tiempo y de economía, al prescindir de revestimientos y una estética renovada para un promotor que buscaba romper con el pasado y dar el salto hacia la contemporaneidad. Respecto a los muros de cerramiento, durante estos años se extenderá el uso del ladrillo caravista. Será un material tan habitual en alzados e interiores que se convertirá en una de las señas de identidad de las parroquias de barrio. Las vidrieras artísticas de cemento y vidrios de colores romperán la monotonía interior de los tonos pardos de la cerámica.

Los adornos se fueron simplificando y los limitados materiales que intervienen en la construcción cumplirán esa función representativa, más allá de su cometido. «A partir de la celebración del Concilio Vaticano II (1962–1965), se ha operado un radical cambio en la

decoración de los templos, advirtiéndose, entre otros aspectos, la ostensible disminución del número de imágenes en los mismos, con el deseo de conseguir una mayor autenticidad religiosa» (Vicario 1988, 322). Esta tendencia se aplicará de manera general en los templos nuevos de ésta y posteriores décadas.

A lo largo de estos años se experimentará con nuevas formas y volúmenes. Las únicas dos iglesias con una estructura formada por pórticos parabólicos aparecen en este periodo: San Andrés Apóstol en Galdakao (Emiliano Amann Puente y Luis Pueyo, 1964) (figura 4) y La Pasión del Señor en Bilbao (Pedro Ispizua Susúnaga, 1965) (figura 5). En el primer caso las formas son más acusadas, de arcos más verticales; es una nave asimétrica donde los cerramientos se separan de la estructura, que posibilita la inclusión de unas grandes superficies acristaladas en la parte superior de la nave. La Pasión del Señor, sede de los Padres Pasionistas situada en Deusto, es un gran complejo compuesto por varios edificios. Fue diseñado por P. Ispizua Susúnaga y su construcción comenzó en 1959, pero se retiró pocos años después. Las últimas fases fueron finalizadas y dirigidas por Francisco Javier Sada de Quinto, que simplificó la fachada principal (Pérez de la Peña Oleaga 2004, 254), inaugurándose la iglesia en 1965. San Felicísimo, como se conoce el templo debido a que alberga reliquias de este santo, es un ejemplo de armazón de hormigón curvo: los pórticos transversales están atados entre sí por vigas longitudinales, generando un esqueleto bidireccional capaz de cubrir la luz de la nave principal. El techo de la bóveda aporta calidez al espacio al revestirse con madera laminada, visible al fondo de la estructura de hormigón visto. Los materiales principales son la madera y el hormigón, que crean un contraste en el que se diferencian muy bien las funciones y ayuda a la lectura de la construcción. Exteriormente el hormigón queda expuesto solo en algunas zonas, siendo el principal material de recubrimiento el aplacado pétreo.



Figura 5
Armazón estructural de la nave principal de la iglesia de La Pasión del Señor en Bilbao (Fotografía de la autora)



Figura 4
Arcos estructurales de la parroquia de San Andrés Apóstol en Galdakao (Fotografía de la autora)

La parroquia de Nuestra Señora de Fátima de Errenteria (1964–1966) (figura 6), obra del arquitecto Antonio Zaldúa, es una iglesia similar a un gran almacén, una construcción que partía de los esquemas de las edificaciones relacionadas con el mundo fabril, funcional y económica. Los pórticos de hormigón armado permiten cubrir el amplio espacio sin necesidad de columnas intermedias; posibilita a su vez la incorporación de unas coloristas vidrieras de cemento que representan el Cántico de las Criaturas de San Francisco de Asís, situadas entre los pórticos de uno de sus muros laterales.



Figura 6
Interior de la parroquia de Nuestra Señora de Fátima de Errenteria (Fotografía de la autora)



Figura 7
Imagen exterior del centro parroquial de Nuestra Señora del Carmen de Bilbao, tomada en torno a la inauguración del edificio (Archivo de la iglesia de Nuestra Señora del Carmen de Indautxu, Bilbao)

A finales de la década de los sesenta se inaugura un representante significativo del brutalismo en Euskadi: Nuestra Señora del Carmen (1968, Bilbao) (figura 7), del arquitecto F.J. Ortega, un nuevo centro parroquial que reemplazó al anterior, para poder satisfacer las necesidades que conllevó el aumento de población de Indautxu. El edificio se concibe como un bloque de hormigón de una manzana de ocupación, sobre el que se alza una gigantesca cruz griega del mismo material, de dos pisos de altura. En este edificio se hace uso de paneles de hormigón prefabricado en el zócalo y en el cuerpo de la entrada al templo, prescindiendo de los convencionales ladrillos cerámicos para los cerramientos. Aunque durante esta década las plantas rectangulares fueron las más comunes, éste es un ejemplo de nuevas formas de organización donde la planta tiene proporciones cuadradas y la direccionalidad se consigue situando el altar al final de la diagonal, girando 45º la distribución clásica del espacio. Este esquema se repetirá en posteriores iglesias e irá adquiriendo mayor popularidad en la década de los setenta. Nuestra Señora del Carmen consigue una imagen de bloque rotundo y masivo, donde las piezas se separan para formar unas estrechas entradas de luz en toda la altura del templo. La dualidad de la propia construcción entre masa y luz, entre lo pesado y lo ligero, embellece y viste el interior de la iglesia.

Años 70: uso plástico y compositivo del hormigón

Las parroquias vascas de esta época se diseñan con una mayor horizontalidad y una mejor integración en el tejido urbano respecto a los edificios colindantes, formando parte incluso de la misma construcción como volúmenes adosados en planta baja a bloques residenciales. Para conseguir la diferenciación y representatividad no optaron por competir en altura con estos bloques, sino formalmente, jugando con volúmenes sencillos y horizontales que resultaban llamativos en un barrio residencial nuevo.

Los sectores circulares serán, entre otras, las plantas que mejor respeten la direccionalidad hacia el altar, necesaria para las celebraciones, y la organización asamblearia de los asientos, que garantizan la participación. Son varios los ejemplos que siguen este esquema, sin embargo, la única planta de hemiciclo con una apertura real de 180º es la de San José Obrero de Errenteria (José Javier Uranga, 1970) (figura 8), que incorpora gradas al más puro estilo de

un edificio asamblleario, sustituyendo a los tradicionales bancos; esta zona de asientos que se reviste en madera se ejecuta en hormigón, económico, duradero y de buen mantenimiento. Será otro de los ejemplos religiosos del brutalismo vasco, donde se proyecta un edificio macizo y rotundo mediante el empleo masivo de ladrillos caravista y hormigón, aplicados en unos volúmenes geométricamente sencillos. El uso de la estructura como un elemento decorativo y director del espacio es una de sus características más destacables. Las vigas de gran canto de hormigón armado salen del muro contrario al ábside para dirigirse a él, como si fueran rayos; una corona cilíndrica recoge estos radios y esconde la fuente de iluminación que se proyecta sobre el presbiterio.

Los elementos estructurales saldrán al exterior y se dejarán vistos, siendo una tendencia que continuará en la década siguiente. Con los años, la falta de recubrimiento de las piezas de estructura de hormigón armado provocará la aparición de una serie de patologías vinculadas a este compuesto estructural como son las carbonataciones. Durante este periodo se incrementará el uso de las estructuras metálicas, principalmente para cubiertas, bien sea mediante cerchas o mediante un sistema espacial formado por barras y nudos, que se dejarán vistas desde el interior del templo, como un recurso estético más, en la gran mayoría de los casos.

Aumentará la cantidad de templos cuyo esquema organizativo es el de una planta cuadrada que funciona axialmente en su diagonal. La solución habitual para cubrir estos espacios sin apoyos intermedios es recurrir a una estructura metálica que sujete una cubierta piramidal con reminiscencias a una tienda. Entre ellos se encuentra la iglesia de San Francisco de Asís (1970) (figura 9), del barrio Zaramaga de Vitoria-Gasteiz, proyectada por el arquitecto Luis Peña Ganchegui, conocida por ser el escenario de los «sucesos de Vitoria»[3] en 1976. Su estructura combina elementos de metal, ligeros y de sección reducida, con otros masivos y pesados, como los muros perimetrales de hormigón. El arquitecto explota las propiedades plásticas de este material y genera espacios muy interesantes por su polivalencia y funcionalidad. En contraposición a los elementos estructurales, que son rectos, los muros divisores del espacio son curvilíneos y su altura es la suficiente para funcionar correctamente.

San Francisco de Paula (Pedro y Javier Ispizua Uribarri, Bilbao, 1967–1970) es otra parroquia en la

Figura 8
Fotografía del espacio interior de la parroquia de Nuestra Señora de Fátima de Errenteria (Fotografía de la autora)



Figura 9
La estructura metálica de la cubierta se apoya en unos pilares de hormigón armado en la iglesia de San Francisco de Asís de Vitoria-Gasteiz, junto a los muros curvos que limitan espacios de reunión (Fotografía de la autora)

que se emplean sus características constructivas como un recurso estético. El uso de los materiales y la importancia que se otorga a la estructura proporcionan un aspecto brutalista al templo, de aire fabril debido al uso de cadenas y una cubierta metálica que recuerda a las naves industriales. Es un edificio de grandes dimensiones, con importante altura y una gran amplitud. Desde el fondo de la nave con planta de sector circular arrancan unas vigas de hormigón armado de gran canto que tienen gran presencia en la fachada principal. En el interior, la estructura se direcciona hacia el presbiterio, que se encuentra enmarcado tras un gran pórtico de hormigón con apoyos intermedios que recoge las cabezas de las vigas, funcionando como separador de la zona de asientos. El hormigón exterior se deja visto en la fachada principal sobre el porche de acceso en una franja lisa (prevista como mural, pero finalmente desornamentada) y el resto de muros se cubren de un aplacado pétreo.

Próxima al brutalismo se encuentra la iglesia de Santa María Reina (Donostia, Félix Llanos, 1977) (figura 10). El uso del hormigón en ella es muy extendido y emplean la propia belleza del material como un recurso austero de decoración. Es una iglesia modesta en su tamaño, de una sola altura, adosada a un bloque de viviendas sobre cuya fachada ciega se sitúa una cruz griega que está compuesta por piezas de hormigón. Las enormes vigas interiores del edificio, deliberadamente sobredimensionadas, empotran sus extremos unas en otras y su canto funciona como separador de los usos y espacios, como la capilla de diario y el presbiterio. El techo, también de hormigón, se apoya sobre unos perfiles metálicos que lo despegan de los muros y permiten la colocación de las vidrieras coloristas y curvilíneas, de aspecto ligero, en contraposición a las masas grises y ortogonales de hormigón. La fragmentación de la piel en formas inclinadas permite la inclusión de vidrieras en toda la altura de la planta baja (recurso que ya empleó Llanos en la iglesia de Zizurkil de 1957).



Figura 10
Interior de la iglesia de Santa María Reina en Donostia (Fotografía de la autora)

La mayor casuística de plantas afecta también a las posibilidades de las cubiertas, que se emplean para singularizar los edificios. La experimentación formal que pudo llevarse a cabo gracias a las posibilidades que ofrecía el hormigón armado para la cubrición de espacios trajo la inclusión de nuevos volúmenes y cubiertas atípicas, superando el anterior esquema basilical de planta rectangular y tejado a dos aguas. Ésta será la época en la que aparecerán soluciones de cubierta solventadas con cáscaras en las parroquias vascas, de mayor simplicidad formal que las logradas años antes por Candela y Torroja, entre otros. Los ejemplos más destacados de este tipo de cubierta (no muy populares en Euskadi) aparecen entre las construcciones religiosas de Bizkaia: las iglesias de la Santísima Trinidad, en Bilbao (Francisco Javier Sada de Quinto, 1970) (figura 11) y de San Agustín de Alzaga, en Erandio (Germán Aguirre, 1975), cuyas cubiertas están formadas por una sección de cono y un hiperboloide parabólico (hypar), respectivamente.

Santísima Trinidad, situada en un terreno con desnivel que ha propiciado la aparición de asientos diferenciales, cuenta con una gran cantidad de grietas provocadas por los empujes horizontales de la cáscara de hormigón. Los muros perimetrales de ladrillo son los elementos principalmente afectados. La estructura intermedia así como la del piso superior se compone de pilares y vigas de hormigón armado de sección rectangular. La planta tiene forma de triángulo con las esquinas redondeadas, lo que genera unos empujes desiguales en el edificio, a diferencia de lo que sucedería con una cúpula de planta circular. Permite, sin embargo, la inclusión de una gran vidriera curva enfocada hacia el altar.



Figura 11
Parroquia de la Santísima Trinidad en Bilbao donde la cubierta está formada por una superficie curva similar a una sección de cono (Fotografía de la autora)

El caso de la iglesia de Alzaga es totalmente distinto. El templo es un edificio de dimensiones inferiores al anterior, de planta cuadrada cuyo eje litúrgico se corresponde con su diagonal. Cuenta con una estructura exclusivamente perimetral de hormigón armado, integrada entre los muros de cerramiento de ladrillo caravista. La cubierta es una superficie reglada, un hiperboloide parabólico (hypar), que ha resistido perfectamente el paso del tiempo.

Años 80: declive del hormigón estructural y auge del uso estético del material

La recesión industrial y la crisis de los ochenta serán las causantes de que finalice un largo periodo de crecimiento urbanístico en el País Vasco. Al margen de los motivos económicos por los que los encargos de nuevas iglesias descienden vertiginosamente, se diluyen las características y la calidad de la arquitectura religiosa estatal. Internacionalmente las capillas pequeñas serán las que demuestren mejor los nuevos valores, en una década ya muy alejada del fervor con el que se recibió el Concilio Vaticano II.

Con los años el empleo del metal en las estructuras de cubierta fue extendiéndose, superando en número a las de hormigón armado. Se conseguía cubrir amplios espacios, con independencia de la forma de la planta y sin la necesidad de pilares intermedios, mediante una construcción más ligera y de aspecto tecnológico e industrial. El distanciamiento respecto a los materiales de cerramiento y estructura propios de los edificios residenciales coetáneos, que se fue produciendo durante la década anterior, continuará durante los ochenta. El hormigón perderá la hegemonía absoluta que tuvo en su día en lo referente a su empleo estructural, y otros materiales, especialmente las estructuras metálicas y la madera laminada, ocuparán su lugar, por ser más funcionales, rápidos y actuales. Un ejemplo de vigas y pilares de madera laminada es el de la parroquia de Nuestra Señora de Arantzazu en Lasarte-Oria (Enrique Aizpurua, 1981) (figura 12) que forman una cubierta tipo paraguas que recuerda al santuario mexicano en honor a la Virgen de Guadalupe (P. Ramírez Vázquez, J.L. Benlliure, A. Schoenhofer, G. Chávez de la Mora y J. García Lascuráin, 1974–1976), una alegoría al manto de la Virgen. En la iglesia de Aizpurua la estructura de la cubierta se mantiene vista, siguiendo la tendencia que fue adqui-



Figura 12
La cubierta de la iglesia de Nuestra Señora de Arantzazu en Lasarte-Oria se sostiene mediante unas vigas curvas de madera laminada que dirige la atención hacia el mural de cemento (Fotografía de la autora)

riendo fuerza en las décadas pasadas y que continuará vigente en ésta, permitiendo que el sistema constructivo se luzca en los espacios de culto.

El hormigón, en cambio, trascenderá del ámbito constructivo y se trasladará al plano decorativo. Una de las iglesias en las que mejor se emplea el material es en la de Nuestra Señora de los Dolores (figura 13), de los arquitectos madrileños Dosset y Pico en Vitoria (1979). El presbiterio se concibe como un muro de carga curvo elaborado en hormigón armado; su parte interior se decora con cemento, que sobresale de la superficie para construir flores y elementos de la naturaleza, mientras que una silueta de Cristo se horada en el muro. En Gipuzkoa destacará la figura de José Luis Iriondo, un monje franciscano perteneciente al entorno del Santuario de Arantzazu, que participó en la decoración de varias iglesias. Entre las parroquias que incorporaron sus trabajos compuestos por diseños orgánicos e imágenes figurativas, se encuentran los retablos de las parroquias de San José Obrero, en Hernani, (del arquitecto Vicente Guibert Azkue, construida entre 1966 y 1969, pero modificada en 1979, añadiendo un nuevo retablo perteneciente al artista) y de Nuestra Señora de Arantzazu, en Lasarte-Oria. En la iglesia de Nuestra Señora del Rosario de Donostia (Joaquín Muñoz Baroja, 1983), en cambio, las obras del artista salen al exterior y decoran la iglesia, añadiendo un estilo más orgánico a un edificio por lo demás poligonal.

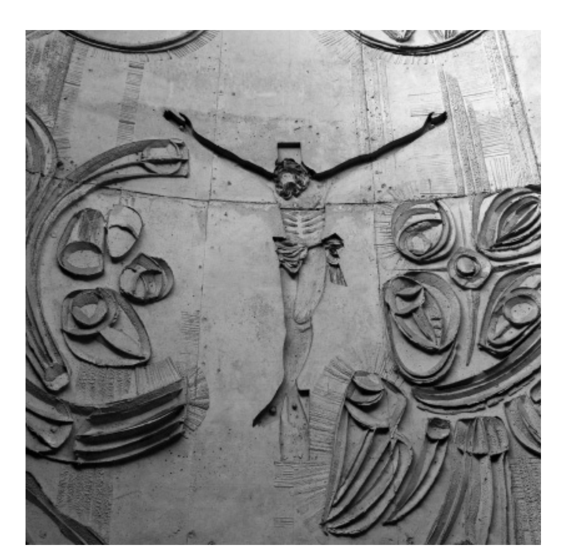


Figura 13
Ábside de la parroquia de Nuestra Señora de los Dolores en Vitoria-Gasteiz, donde el cemento compone unas modernas flores y el Cristo se hunde en el muro (Fotografía de la autora)

La introducción de materiales nuevos utilizados en industria y equipamientos municipales (como el bloque prefabricado) generaron unos templos más distantes y fríos en los siguientes años. La falta de repetición de rasgos distintivos provocaron una pérdida de imagen de conjunto de las parroquias, cuya construcción fue disipándose debido a diversos motivos, entre los que se pueden destacar la ausencia de creación de nuevos barrios superpoblados en las periferias y una relación menos estrecha entre el vecindario y la iglesia (Mateos Valiente 2017).

Conclusión

Las parroquias de la época del desarrollismo supondrán un antes y un después en el uso del hormigón. En términos generales, antes de ellas el hormigón era un material de relleno y soporte en las iglesias vascas, válido por su economía y posibilidades formales, un medio constructivo apreciado, pero sólo eso[4]. A partir de estas iglesias el hormigón habrá ganado un estatus del que carecía, una visibilización extendida y un reconocimiento por parte del público general. A lo largo de este recorrido se produce una dignificación del hormigón armado como material, adquiriendo representatividad suficiente para su empleo en edificios religiosos. El hormigón, junto con el ladrillo, es un material que permanecerá asociado a estas construcciones de segunda mitad de siglo XX y a un lenguaje religioso más moderno, acorde con los pensamientos del Concilio. A su vez, el empleo extendido del hormigón en edificios pertenecientes a la Iglesia ayudó a que el público lo viera como un material cualificado para la representatividad, que posibilitaba variadas opciones estructurales y decorativas.

Las parroquias de barrio son, por tanto, un ejemplo de la evolución en el uso y la aceptación social del hormigón. Se parte de unos edificios con hormigón estructural oculto para pasar a unas iglesias cuyos pórticos y sistemas constructivos se exponen sin revestir y que llegan incluso a ser ensalzados en los edificios brutalistas. Más allá de los usos arquitectónicos, el hormigón también fue considerado un mate-

rial capaz de transmitir y expresar la espiritualidad de la época, válido para representaciones religiosas.

Notas

1. La acotación temporal se basa en el periodo en el que aparecen y desaparecen las parroquias modernas en Euskadi como un conjunto formado por una importante cantidad de parroquias. El inicio coincide, aproximadamente, con la entrada en el Gobierno de los Tecnócratas (1957), que gracias a sus políticas y planes de desarrollo se volcaron en el crecimiento económico e industrial de unas zonas concretas del país, entre las que estaba Euskadi. El éxodo rural que se dio hacia esta región generó un urbanismo que se caracterizó por la gran densidad de los barrios periféricos para obreros y la falta de equipamientos. Tras la mejora de las relaciones entre la Santa Sede y el Gobierno de Franco, la cantidad de nuevas parroquias vascas que se formaron fue considerable, desarrollada especialmente durante las décadas de los sesenta y los setenta. El final de la creación masiva de este tipo de edificaciones viene unida a la crisis económica de los ochenta que golpeó duramente al País Vasco, cuyo punto de inflexión es situado en torno al año 1986.
2. En el art. 124 se pide a los ordinarios que promuevan y favorezcan un «arte auténticamente sacro»: «busquen más una noble belleza que la mera suntuosidad».
3. El 3 de marzo de 1976, durante una jornada de huelgas, los manifestantes se reunieron en asamblea dentro de esta iglesia. Según el Concordato entre la Santa Sede y España de 1953 la policía tenía prohibido irrumpir en un templo católico, por lo que esperaron fuera de la parroquia tras lanzar botes de humo por las ventanas del edificio, provocando una emboscada. Finalmente, resultaron muertos cinco trabajadores y unas cien personas heridas.
4. Se hace referencia a las parroquias o iglesias de barrio, de la arquitectura religiosa más cercana a la población vasca de la segunda mitad del siglo XX, no de las obras singulares que, por supuesto, se dieron con anterioridad en este siglo, de la mano de arquitectos como Perret o Le Corbusier, entre otros.

Lista de referencias

Fernández Arenas, Arsenio (1963). *Iglesias nuevas en España*. La Polígrafa, S.A., Barcelona.

González Vicario, Mª Teresa (1988). *La nueva concepción de la imagen religiosa*. Revista de la Facultad de Geografía e historia, nº 2, UNED, Madrid.

Kortadi Olano, Edorta (1993). *Arantzazu Tradición y Vanguardia*. Bertan 3, Diputación Foral de Gipuzkoa, Departamento de Cultura y Turismo, Donostia.

Mateos Valiente, Amaia (2017). *Parroquias de barrio construidas en Euskadi durante el Desarrollismo y la Transición* (tesis doctoral). ETSA EHU-UPV, Donostia.

Pérez de la Peña Oleaga, Gorka (2004). *Arquitectura religiosa contemporánea en Bizkaia, 1865–1975: del romanticismo al Movimiento Moderno.* Museo Diocesano de Arte Sacro, Bilbao.

I cambiamenti delle tecniche costruttive negli edifici religiosi della Diocesi di Chieti dopo il terremoto del 1706

Claudio Mazzanti

Il terremoto in Abruzzo della notte tra il 3 e 4 novembre del 1706 provocò ingenti danni; come Sulmona, anche altri centri furono quasi completamente distrutti, soprattutto quelli sulle pendici della Majella; la maggior parte ricadeva nel territorio della Diocesi di Chieti: in seguito ai necessari interventi di riparazione, molte delle antiche chiese di questa zona in Abruzzo Citeriore presentano caratteri tipologici ed estetici peculiari del XVIII secolo; tuttavia, l'adattamento alle forme del barocco fu soprattutto esito di una diffusa volontà di revisione e ammodernamento del patrimonio edilizio, che dell'evento tellurico rappresentò la naturale conseguenza (Bartolini 2003, 542). Di notevole interesse risultano essere anche i cambiamenti delle tecniche costruttive utilizzate in occasione dei lavori di ripristino post-sismico. Queste innovazioni possono essere ascritte, in parte, alla diffusa presenza di progettisti e maestranze provenienti dal nord Italia, oltre che dal Lazio e dalla Campania (Giannantonio 2000, 71); inoltre, sono la dimostrazione di un'evoluzione, sia pur lenta, della cultura costruttiva anche in ambiti più periferici del Regno delle Due Sicilie.

Tale fenomeno deve essere ancora adeguatamente analizzato, per comprendere gli eterogenei processi di costruzione che contraddistinguono molte delle architetture religiose considerate; l'attenzione deve essere riservata non soltanto alle caratteristiche stilistiche, ma anche ai materiali, usati singolarmente o in modo combinato: il legno, la pietra o il laterizio, nonché alla posa in opera di questi, per realizzare strutture verticali, orizzontamenti o apparati decorativi. È necessaria un'approfondita conoscenza degli edifici, contestualmente allo svolgimento della ricerca archivistica, con lo studio di documenti ad oggi ancora non sufficientemente vagliati; ciò, per individuare, nel processo di costruzione, qualsiasi variazione tipologica e volumetrica rispetto alle precedenti configurazioni. Molte delle chiese considerate, infatti, sono state più volte danneggiate dai diversi terremoti verificatisi in Abruzzo nel corso dei secoli; le opere di ricostruzione a volte si sono protratte per decenni, durante i quali vengono adottati notevoli cambiamenti all'organismo architettonico; in certi casi, invece, gli interventi di riparazione sono stati rapidi, con il riutilizzo di porzioni degli edifici preesistenti e materiali di recupero, cercando di migliorare la resistenza sismica introducendo tecniche costruttive originali e dando luogo ad importanti cambiamenti strutturali. L'analisi delle tecniche edilizie utilizzate in occasione della ricostruzioni ha consentito di specificare le diverse fasi dell'edificazione, che al contrario non appaiono evidenti limitando l'analisi soltanto alle modifiche formali: dati significativi si ottengono soprattutto ponendo attenzione sulle parti architettonicamente meno rilevanti, ambienti secondari o facciate laterali, attraverso l'interpretazione sia degli apparecchi murari, sia di elementi ornamentali come mensole, cornici e modanature.

Le novità riguardarono diversi aspetti, compresa l'introduzione di sistemi antisismici, con l'utilizzo di materiali più leggeri. Un esempio significativo è la

chiesa di S. Nicola di Bari a Taranta Peligna: gravemente danneggiata nel 1706, come confermato dalle cronache del tempo, in particolare nella 'relazione finale' della visita pastorale dell'arcivescovo Vincenzo Capece (Archivio Storico Diocesano di Chieti); l'alto prelato, che si recò in questa località il giorno 7 maggio del 1708, ci informa che la chiesa *Archipres.lj S.ti Nicola dicte Ire, eloqui ista ex preterito Terremotu dirruit, e veg. adhuc reedificata no est*.

Attraverso un accurata osservazione della muratura di questo edificio è possibile riconoscere la fase della ricostruzione successiva al 1706; all'interno risulta interessante l'introduzione di una 'falsa cupola' emisferica, all'incrocio fra la navata e il breve transetto; questa struttura, riconoscibile soltanto nel vano sottotetto, fu adoperata per definire la spazialità interna della chiesa simulando le tipiche forme dell'architettura barocca (figure 1 e 2).

Un'altra chiesa certamente danneggiata dallo stesso terremoto è S. Maria Maggiore, a Caramanico; l'edificio, più volte modificato nel corso dei secoli (Mazzanti 2013, 662), è stato ampliato nella sua conformazione definitiva a tre navate, forse proprio in conseguenza dei danni causati dal terremoto della Majella. In questo caso, tuttavia, ulteriori trasformazioni apportate nel XIX secolo rendono più difficile l'esatta individuazione delle distinte fasi di cantiere.



Figura 1
Taranta Peligna, chiesa di S. Nicola di Bari, interno.



Figura 2
Taranta Peligna, chiesa di S. Nicola di Bari, sottotetto.

Un ulteriore caso studio, particolarmente significato, è la chiesa di S. Domenico a Tocco da Casauria: fondata nel XIV secolo dai frati dell'Ordine Francescano, l'edificio venne completamente trasformato nel XVII secolo, quando fu acquisito dai Domenicani che apportarono una drastica variazione della tipica tipologia medievale, propria degli Ordini Mendicanti; i caratteri estetici dell'interno, tardo-barocchi, confermano il radicale cambiamento rispetto all'opera originaria. Le diverse fasi di costruzione sono chiaramente identificabili attraverso l'analisi della muratura.

Dove sorge Tocco c'era un antico insediamento romano, con un ruolo rilevante nel sistema insediativo abruzzese dell'epoca, data la sua posizione strategica tra la valle del fiume Pescara e le *Gole di Popoli*, stretto passaggio tra le catene montuose della Majella e del Gran Sasso.

Le origini dell'attuale centro urbano risalgono alla fase dell'incastellamento, probabilmente tra il 1016 e il 1019; le informazioni più remote sono fornite dal *Chronicon Casauriense*: il feudatario del Castello di Popoli s'impossessò *con la forza delle armi* di alcuni terre del monastero di S. Clemente a Casauria. Durante il successivo dominio normanno, il castello di Tocco era integrato alla contea di Manoppello (Di Virgilio 1990, 251).

Nel 1317 in questa località giunsero i francescani; per lungo tempo, la posizione del loro primo insediamento è rimasta incerta; alcuni storici dell'Ordine hanno ipotizzato che l'iniziale convento fosse a nord della città, in una zona caratterizzata dal toponimo *San Francesco*. Solo nella seconda metà del XX secolo, attraverso la lettura di un manoscritto del *Liber Mortuorum* conservato nell'archivio parrocchiale di Tocco, presso la chiesa di S. Eustachio, è stato possibile appurare che la chiesa di S. Domenico e l'annesso convento, fino ad epoca recente abitato dai frati dell'Ordine dei Predicatori, in realtà sorgono sul sito originariamente occupato dai frati minori. In questo documento, scritto dall'arciprete Leonardo Lanciotti nel 1706, dopo il terremoto della Majella, è possibile leggere: *Ecclesia Divi Francisi quam nunc Ordinis Predicatorum PP fondazione subversa est* … (Ricotti 1938, 42)

Il primitivo convento in origine era collocato al di fuori dell'originaria cinta muraria di Tocco (Chiappini 1926, 15), che nel XIII secolo terminava presso l'attuale piazza Carlo da Tocco, dove c'è la cosiddetta *salita dell'orologio* (figura 3). Qui, ancora alla fine del XVII secolo, esisteva uno degli antichi accessi al nucleo urbano, la *Porta Nova*, come documentato dal catasto del 1686 (Di Virgilio 1991, 16).

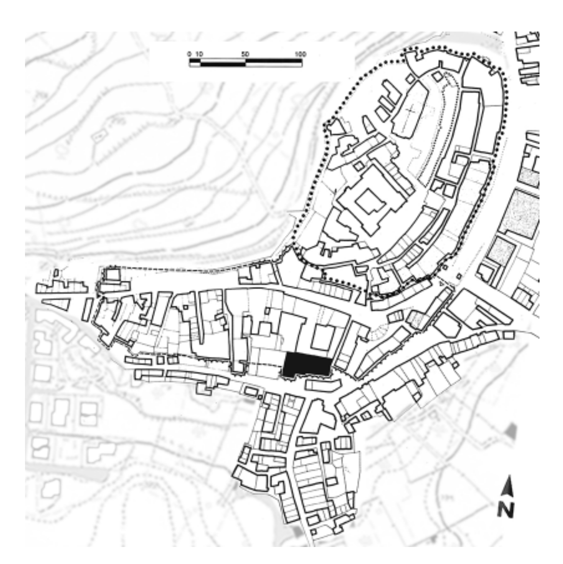


Figura 3
Tocco da Casauria, planimetria con il centro storico, perimetrato, e individuazione della chiesa di S. Domenico (ex S. Francesco) nella zona della nuova espansione urbana.

Il convento, posto sulla cresta collinare che dall'alto dominava la vallata del Pescara, costituiva il più estremo insediamento dei Francescani della *Custodia Pennensis* (Bartolini 1993, 22). Tocco nel XIV secolo era caratterizzata da una notevole crescita economica e sociale: la parrocchia di S. Eustachio era tra le più importanti della diocesi di Chieti (Chiappini 1926, 7).

Sul primitivo edificio francescano si hanno notizie sporadiche e, talvolta, anche contraddittorie: era un fabbricato umile, sicuramente abbattuto dopo i due terremoti del 1349 e del 1456; quest'ultimo, in particolare, causò devastazione in tutta la regione; la città di Tocco venne distrutta, con 350 vittime. Il convento fu riedificato, sempre di piccole dimensioni e privo di elementi di valore artistico; tale informazione viene confermata da un fascicolo conservato nell'Archivio Segreto Vaticano (ASV): un resoconto intitolato *Sommario della Provincia di S. Bernardino dei Minori Conventuali*, fatto redigere dal papa Innocenzo X nel 1650; quello di Tocco risulta incluso in un elenco di ventidue monasteri di *infima classe*, con meno di sette camere abitabili e senza un chiostro completo. Ugualmente 'modesta' è descritta nello stesso documento l'antica chiesa di S. Francesco: dotata di due porte, una rivolta a oriente e l'altra a settentrione; la costruzione era lunga dieci canne, larga ed alta cinque canne; dietro l'altare maggiore c'era il coro e sulla destra la sagrestia. Il testo descrive sinteticamente l'interno che, da quanto si evince, era ad una sola navata.

Proprio queste caratteristiche dell'insediamento francescano di Tocco, come descritte nel Sommario, ne determinarono la soppressione: il papa Innocenzo X con la bolla *Instaurandae regularis disciplinae* del 1652, ordinava la chiusura dei piccoli conventi nei quali, per l'esiguo numero dei religiosi, non era possibile osservare la regolare disciplina e, a causa delle scarse entrate economiche, non poteva essere assicurato il sostentamento del numero minimo previsto per formare una comunità, pari almeno a dodici religiosi.

La documentazione inerente l'allontanamento dei frati dal convento, però, fornisce descrizioni contrastanti per quanto riguarda l'edificio di culto.

Nel 1659, il Camerlengo della Terra di Tocco inviò alla *Sacra Congregazione dei Francescani in Roma*, una missiva presumibilmente redatta dal vescovo Fagnano con la quale veniva implorato il ritorno dei

frati nella loro sede primitiva; questa lettera, indirizzata alla *S. Congregazione deputata sopra la soppressione dei conventini per l'Università e terra di Tocco Theatina* (ASV), fornisce interessanti informazioni: in quel momento la comunità era composta da sette religiosi *assiduamente presenti* nel convento e *sempre disponibili nei confronti della popolazione*. L'autore rimarca anche le discrete risorse economiche di cui sino a quel momento i frati potevano disporre; inoltre, oltre al proprio sostentamento, garantivano costante assistenza anche ai tanti confratelli che, durante i loro spostamenti, venivano abitualmente ospitati dalla comunità di Tocco: tale località, infatti, aveva un ruolo strategico per la sua vicinanza alla Tiburtina, uno tra i principali assi viari dell'Italia centrale.

Nella lettera viene anche descritto lo *stato attuale* del convento di S. Francesco, *dentro l'habitato e proprio nella piazza pubblica*. Quindi la chiesa in quel tempo doveva essere molto frequentata dai fedeli, perché ormai inglobata nel perimetro urbano e prospiciente lo slargo dove aveva luogo il mercato. Nel testo vengono riportate molte informazioni aggiuntive rispetto al già citato *Sommario*: il convento, secondo quest'altra fonte, era invece dotato di un chiostro completo, due giardini, una cisterna, una cantina, un refettorio, due saloni, un fondaco; le camere per i religiosi erano quattordici.

La descrizione della chiesa è ancora più interessante: aveva un *maraviglioso artificio con tre campane*, riferendosi al campanile a vela dall'originale soluzione costruttiva basata sull'alternanza fra il vuoto e il pieno delle arcate disposte su livelli sovrapposti; secondo tale testo, l'edificio era formato da tre navate lungo le quali erano distribuiti ventidue altari: questi dati concordano, ad esempio, con l'ipotesi dello storiografo Iovennitti, il quale sostiene che il primitivo tempio del convento, con caratteri estetici tipici del XIV secolo, venne definitivamente demolito soltanto dopo il terremoto del 1706. Tutto ciò, però, contrasta evidentemente con quanto riportato nella *Relazione* del 1650, secondo la quale la chiesa, a quella data, era già a navata unica.

Nel 1663 alla chiesa venne attribuito il titolo di *arcipretale* da parte del nuovo Arcivescovo di Chieti, Nicolao Radolovico, nella sua *Relazione alla Sacra Congregazione* inviata a Roma il 22 agosto dello stesso anno: il prelato fra l'altro comunicava che l'edificio di culto nel convento ormai soppresso dei Minori Conventuali di Tocco appariva in pessimo stato di conservazione; con questa missiva egli chiedeva consiglio sulle misure da adottare in relazione ai beni appartenuti al convento, dato che le risorse economiche per esso disponibili stavano diventando sempre più esigue (ASV, armadio VIII, tomo 3, fol. 110).

L'anno seguente, con un'ulteriore comunicazione del 19 marzo, Radolovico comunicava alla Congregazione la sua decisione di ridurre drasticamente il numero delle messe annue da celebrarsi nella chiesa di S. Francesco a Tocco; queste sarebbero state officiate da un unico cappellano, il quale avrebbe dovuto occuparsi anche della riparazione dell'edificio (idem, fol. 113).

Tale situazione perdurò fino ai primi anni del secolo successivo, quando forti fenomeni sismici colpirono gran parte dell'Abruzzo. Le prime scosse iniziarono nel 1703: il 14 gennaio l'epicentro fu a Montereale con varie centinaia di vittime; il 2 febbraio venne colpita L'Aquila e in tale occasione ci furono circa cinquemila vittime. Nel 1706, come detto, un nuovo terremoto scosse gran parte dell'Abruzzo: in questa occasione Tocco venne quasi interamente distrutta: nel già citato *Libro dei morti*, sono annotati il giorno e l'ora della violenta scossa, che ridusse a un cumulo di macerie il paese causando più di ottanta vittime. Ingenti furono i cedimenti causati alle numerose chiese e alle abitazioni private di Tocco; vengono riportate persino notizie di danni alla produzione agricola e di svariati smottamenti del terreno.

Problemi strutturali ebbe anche l'altra sede francescana di Tocco, il convento dell'Osservanza di S. Maria del Paradiso, localizzata fuori del centro urbano, dove ormai la comunità dei frati minori si era riunificata accogliendo i religiosi provenienti dalla primitiva sede, ormai dismessa: negli anni seguenti la chiesa e le altre strutture del convento del Paradiso vennero prontamente riparate.

Al contrario, il complesso di S. Francesco era abbandonato da diversi anni e ormai fatiscente, quindi il sisma del 1706 ne causò certamente una distruzione quasi totale. Successivamente, come già detto, in questo luogo si trasferirono i frati domenicani, che ripristinarono la chiesa e innalzarono un nuovo edificio conventuale, molto più grande; tuttavia soltanto nel 1740 lasciarono definitivamente il loro precedente alloggio, il convento di S. Maria della Pace, andando ad abitare nella nuova residenza di S. Domeni-

co. Questi religiosi si erano insediati a Tocco già nel XVII secolo; la prima notizia della loro presenza nel centro abitato è un lascito fatto nel 1681 ai Padri Predicatori (Archivio di Stato di Chieti, Fondo Notarile, *notaio Brancasella Branduccio*, busta 12, volume 24, fol. 35). Il primo riferimento ad un luogo di culto di loro pertinenza risulta essere, invece, la dotazione nel 1696 di un altare (Archivio di Stato, Chieti, Fondo Notarile, *notaio Di Giovanni Ignazio*, busta 168 volume 3, fol. 31). Alcune fonti documentarie potrebbero suggerire un utilizzo da parte dei Domenicani dell'edificio di culto originariamente francescano già dalla fine del XVII secolo (Archivio Domenicano della Minerva, Roma, Provincia di S. Caterina da Siena, fol. 64). Il convento domenicano di Tocco è uno degli 'insediamenti tardivi' dell'Ordine, successivi al XVI secolo: possono essere definiti 'impropri', in quanto vengono occupati edifici già esistenti, ma appartenenti ad altri Ordini, oppure costruiti per altre finalità; per quanto riguarda la chiesa, in generale, i Predicatori si limitavano ad abbellirne l'interno e rinforzare la struttura, senza modificare la tipologia o le dimensioni e raramente trasformando la facciata (Adorante 2016, 25).

Gli interventi effettuati fino all'inizio del XVIII secolo nella chiesa del monastero non sono documentati; la vecchia struttura, obsoleta e già più volte rabberciata, venne gravemente danneggiata dal sisma: dovette essere quasi totalmente ricostruita, adattandola architettonicamente alle nuove esigenze e ai gusti estetici del periodo (figura 4).

Non è possibile riconoscere nulla della conformazione precedente di questo monumento; la tipologia originaria degli Ordini Mendicanti, che può essere identificata nella descrizione del suddetto *Sommario*, risulta trasformata in un impianto planimetrico d'ispirazione gesuitica, diffuso nella regione in questo periodo (Bartolini 1997, 75): la croce latina è ottenuta attraverso l'aggiunta di un transetto, coperto da una volta a botte, alle estremità del quale ci sono, contrapposti, due altari tardo-barocchi con decorazioni in stucco bianco e sculture raffiguranti angeli.

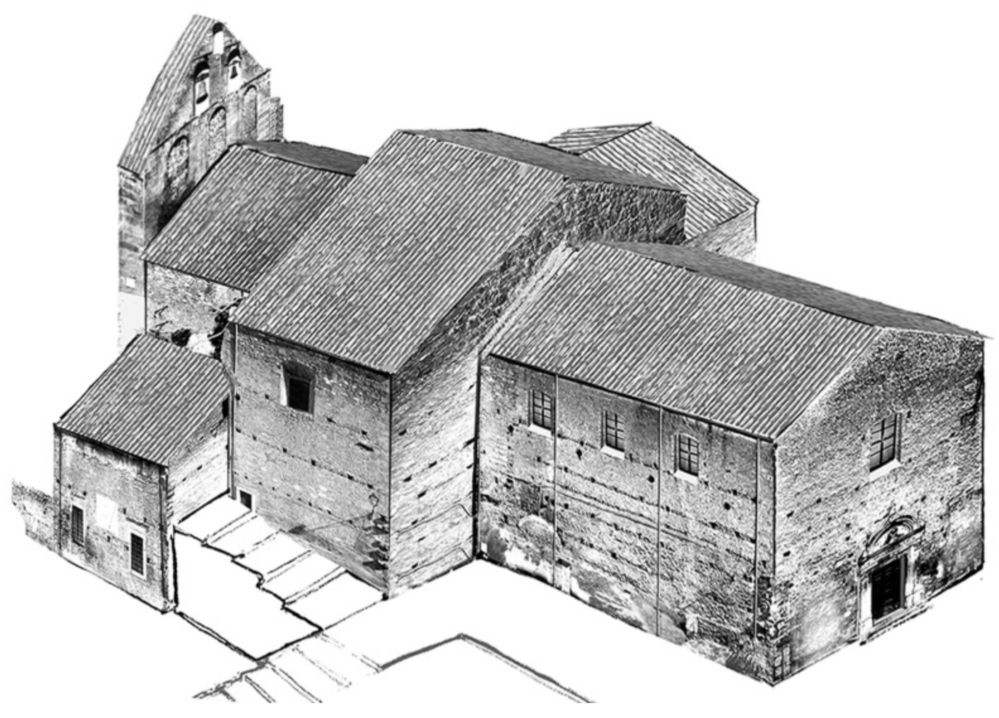


Figura 4
Tocco da Casauria, chiesa di S. Domenico. Ricostruzione tridimensionale virtuale dello stato attuale.

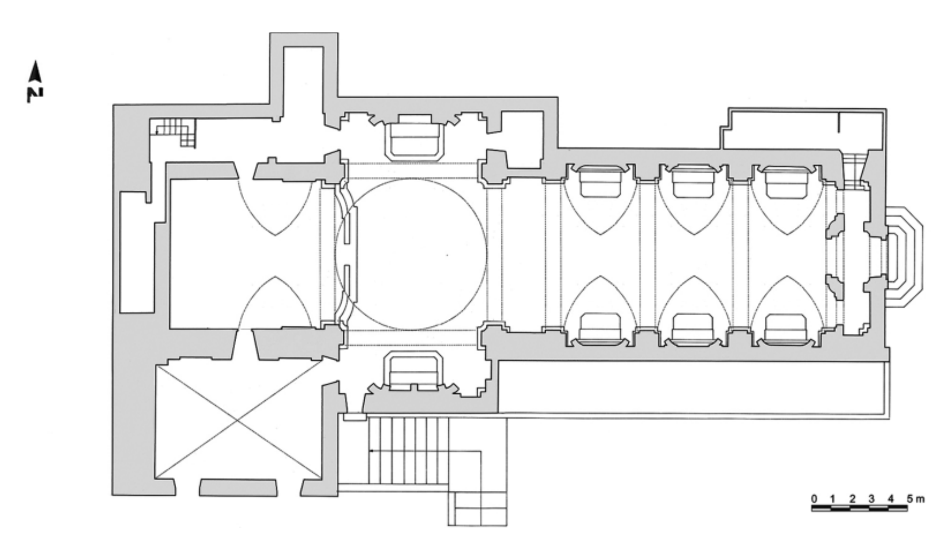


Figura 5
Tocco da Casauria, chiesa di S. Domenico. Pianta.

Oltre al transetto, il nuovo interno della chiesa è costituito principalmente da un'unica navata, di ampie dimensioni, con volta a botte lunettata per l'apertura di grandi finestre. In entrambe le pareti laterali dell'aula si aprono tre grandi nicchie ad arco, inquadrate da un ordine architettonico con lesene che presentano capitelli compositi e sorreggono una trabeazione classica; in queste sei nicchie, non molto profonde, trovano posto altrettanti altari minori, di gusto barocco ma non particolarmente elaborati. All'incrocio fra l'aula e il transetto s'innalza una cupola, senza tamburo, impostata direttamente sugli archi (figura 5). La caratteristica architettonica della navata unica continua nel presbiterio, individuato semplicemente da una transenna marmorea; l'ambiente interno si conclude con un coro ligneo e l'altare maggiore, in muratura e con una colorazione che simula il marmo, al centro della parete absidale rettilinea (figura 6).

A sinistra del presbiterio c'è la sacrestia; sul lato opposto ci sono altre stanze, probabilmente preesistenti, dalle quali si accede ad un'ulteriore locale di piccole dimensioni: le pareti di questo, contiguo alla facciata posteriore della chiesa, contribuiscono a contenere la spinta del terrapieno addossato. Tale struttura può essere strettamente correlata con la presenza del campanile a vela, sulla sommità della parete absidale.



Figura 6
Tocco da Casauria, chiesa di S. Domenico. Vista interna verso l'altare.

Il prospetto principale della chiesa (figura 7), costruito in muratura di pietrame incerto a vista e delimitato da due contrafforti in conci lapidei squadrati asimmetrici, non denota nessuna qualità architettonica, ad eccezione del portale: quest'ultimo presenta una cornice in pietra con ordine di paraste ioniche decorate a grottesche, architrave con decorazioni ispirate a forme vegetali, archivolto con acroteri laterali e centrale. Sopra il portale c'è una semplice finestra rettangolare, priva di ornamenti.



Figura 7
Tocco da Casauria, chiesa di S. Domenico. Prospetto principale.

Nel 1808, durante la fase napoleonica, anche la comunità domenicana di Tocco venne allontanata dal convento, che fu espropriato e successivamente diventò Caserma di Gendarmeria ed, infine, sede dell'amministrazione comunale. La chiesa è stata restaurata tra il 1972 ed il 1978, con il consolidamento delle volte e del tetto ligneo; in tale occasione venne anche sostituito l'antico pavimento.

Analisi della tecnica costruttiva

La chiesa di S. Domenico a Tocco, sul sito dell'antico convento di S. Francesco, è stata fortemente danneggiata dal terremoto abruzzese del 2009. Sulla base di un accurato rilievo metrico sono state identificate le caratteristiche strutturali; ad esempio, lo spessore del muro che separa la sagrestia dal presbiterio, che è risultato essere molto maggiore rispetto alla struttura corrispondente sull'altro lato. Inoltre, i lavori di riparazione hanno permesso un'analisi più approfondita delle pareti murarie, soprattutto nelle porzioni normalmente non visibili. Grazie a queste informazioni è stato possibile identificare le differenti fasi di costruzione, in particolare l'ampliamento della chiesa successivo al terremoto del 1706. Attraverso l'analisi visiva della muratura, specialmente quella del fronte meridionale, si è proceduto all'individuazione degli elementi materici, che variano per tipo e dimensione (figura 8).

Alcune parti dell'antico fabbricato sono ancora riconoscibili nella parete: una sequenza regolare di pilastri in pietra squadrata, oltre ad un arco dello stesso materiale; a poca distanza, c'è una cavità corrispondente ad un altro arco, i cui conci risultano rimossi; tutti questi elementi, probabilmente di epoca medievale, sono inseriti in una muratura irregolare composta da pietrame incerto; sopra questo paramento murario c'è un'altra porzione costruita con blocchi lapidei squadrati, che si interrompe indicando le tracce di un remoto crollo, forse dovuto ad un ribaltamento della facciata, anticamente in una posizione differente da quella attuale. Circa a metà di questo fronte, c'è traccia anche di una grande crepa pregressa, stuccata con un semplice strato di malta.

Già in passato diversi storiografi hanno tentato di interpretare questi elementi: le arcate murate potrebbero essere i resti di una navata della primitiva chiesa, a tre navate, del XIV secolo: secondo tale teoria, dopo il terremoto del 1706 venne ricostruita soltanto la navata centrale; ciò coincide con la descrizione del vescovo Fagnano e sembrerebbe confermato persino dalle cronache redatte pochi anni dopo (Muratori 1754, 208).

Altri, al contrario, basandosi sull'indagine metrologica dell'attuale edificio, suggeriscono che gli archi osservati appartenessero al chiostro non completo del primitivo convento, ubicato sul lato dell'antica chiesa (Di Virgilio 1991, 18), che aveva quindi una sola navata: questa ipotesi è compatibile con la descrizione dell'edificio fatta nel *Sommario* del 1650; ciò comunque non smentisce storicamente l'esistenza di una chiesa a tre navate, del XIII secolo: questo primitivo

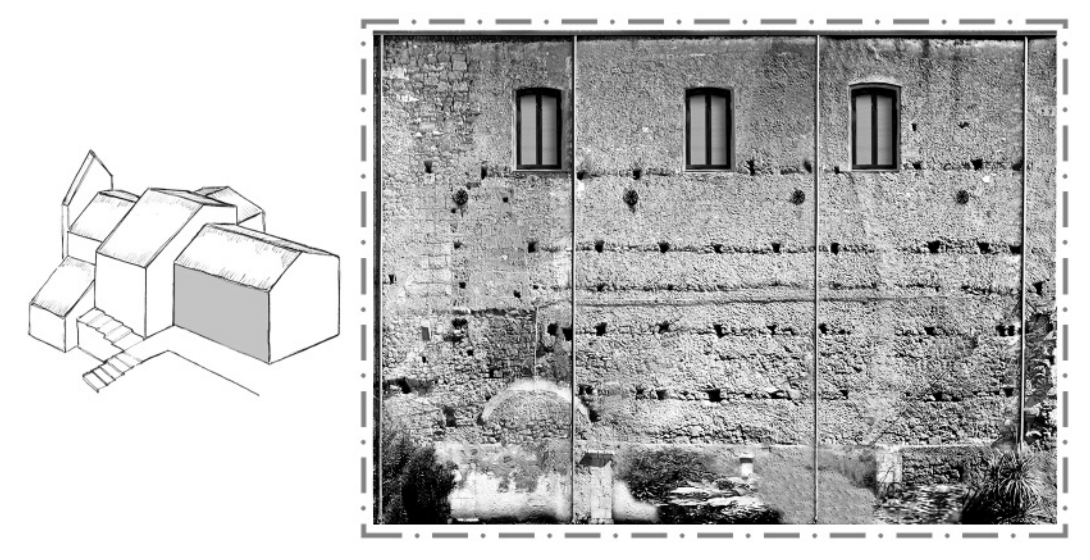


Figura 8
Tocco da Casauria, chiesa di S. Domenico. Fronte meridionale.

edificio era stato presumibilmente già distrutto dal violento terremoto del 1349. Tuttavia, un chiostro corrispondente ai pilastri ancora visibili nella muratura sarebbe stato sovradimensionato rispetto alle dimensioni del convento; inoltre la morfologia del terreno, con un notevole declivio proprio dove viene ipotizzata la presenza del cortile, suggerisce altre letture.

Presumibilmente dopo il terremoto del 1456 la chiesa venne in gran parte ricostruita; l'originario edificio a tre navate fu modificato, forse murando parzialmente le arcate: ciò chiarirebbe le due diverse descrizioni, quasi contemporanee, del *Sommario* e della lettera di Fagnano; compatibilmente con quest'ultima la struttura primitiva, sebbene molto modificata, era comunque ancora identificabile prima della devastazione del 1706. Un altro importante cambiamento venne probabilmente fatto dopo il 1456: attualmente, la chiesa è perfettamente orientata secondo l'asse est-ovest, con l'ingresso insolitamente nel lato orientale; probabilmente in origine la facciata principale era quella del fronte ad ovest, dove ci sono altre importanti tracce della primitiva chiesa, soprattutto il campanile a vela. Quindi l'ingresso al tempio era in relazione con un sentiero ancora esistente, che anticamente era l'unico collegamento tra la valle fluviale, quindi la via Tiburtina, e il centro abitato, sulla collina (figura 9).



Figura 9
Planimetria di Tocco, inizi del XIX secolo. Atlante del Regno di Napoli di G.A. Rizzi-Zannoni, foglio 4, particolare.

Nella chiesa del XVIII secolo, il campanile a vela è una delle parti più interessanti (figura 10): con tre livelli di archi, di cui quelli inferiori sono murati; questa struttura è leggermente disallineata rispetto



Figura 10
Tocco da Casauria, chiesa di S. Domenico. Campanile a vela e parete absidale.

all'asse di simmetria dell'edificio domenicano. L'altezza di 5 canne, descritta nel *Sommario* del 1650, corrisponde alla misura dal pavimento alla cornice d'imposta del campanile; è possibile che il terrapieno retrostante l'edificio originariamente non esistesse; infatti, ricordando il memoriale del Lanciotti, si può persino ipotizzare che tale accumulo di terra possa essere stato generato da uno smottamento già causato dal terremoto del XV secolo.

Il campanile a vela costituisce 'una parte di un tutto organico' con la facciata principale della chiesa (Serafini 1927, 33). Nel Medioevo, questo tipo di struttura era particolarmente diffuso nell'Italia centrale, ad esempio la chiesa di S. Silvestro a Viterbo. In Umbria ebbe forme estremamente varie, come nelle chiese di San Michele Arcangelo (XIV sec.) ad Isola Maggiore vicino Perugia, oppure di S. Ilario a Todi (1249): in quest'ultimo edificio, attualmente conosciuto come S. Carlo, il campanile a vela è costituito da due livelli sovrapposti, in ciascuno dei quali ci sono tre archi a tutto sesto sostenuti da grandi mensole; è probabilmente opera di maestranze del Lazio, che si spostavano verso zone limitrofe. Soluzioni analoghe sono presenti nella zona di L'Aquila, nelle chiese di S. Giusta a Bazzano, S. Cipriano a Castelvecchio Calvisio e S. Martino di Tours a Pescomaggiore, per citare alcuni esempi. Al contrario, lungo la valle del Pescara le strutture di questo tipo sono meno significative, a parte alcuni casi interessanti come i campanili a vela sulle facciate di S. Nicola a Pescosansonesco e S. Maria di Cartignano a Bussi, località molto vicine a Tocco e alla via Tiburtina, principale asse di comunicazione fra Lazio e Abruzzo.

La nuova facciata principale nella chiesa di Tocco, per tutto il XVII secolo ancora di pertinenza dei francescani, fu quindi costruita sul fronte orientale dell'edificio che, dopo la fase della ricostruzione seguente al sisma del XV secolo e la successiva espansione della città, si venne a trovare ormai all'interno del perimetro urbano, prospiciente la piazza del mercato. Il campanile a vela fu ricostruito, forse, solo successivamente, come comprovato dalla presenza di una lastra di pietra, collocata su un fianco di esso, dove appare scolpita la data del 1506. Anche i Domenicani, dopo il terremoto del 1706, ricostruirono il campanile a vela, presumibilmente utilizzando le parti crollate: sono facilmente riconoscibili, infatti, i segni della riparazione. Tale elemento architettonico è notevole anche per il suo sistema statico: tramite un'originale soluzione strutturale, la parete campanaria scarica il suo peso sulle murature sottostanti senza sovraccaricare la copertura del presbiterio, sicuramente edificata nel XVIII secolo, quando venne realizzata una volta a botte in sostituzione del precedente soffitto ligneo più basso: alla luce di tutto ciò risulta evidente il motivo per cui, in tale occasione, alcuni archi originariamente aperti nel timpano triangolare siano stati murati.

Quando i Domenicani utilizzavano una chiesa preesistente, già appartenuta ad un altro ordine religioso, per lo più non ne modificavano l'esterno, limitandosi talvolta a collocare nella facciata elementi architettonici recuperati da altri edifici (Adorante 2016, 35). Ciò forse accadde anche nella chiesa di Tocco con il portale, come suggeriscono alcuni documenti conservati nell'Archivio di Stato, ma soprattutto nell'Archivio della Curia Vescovile di Chieti (*Chiese*, XVIII sec., fol. 23).

Tuttavia, tali indicazioni potrebbero riferirsi anche alla sistemazione nella nuova facciata di un portale già presente nella primitiva chiesa. Nel riquadro rettangolare è incisa la scritta: VIATOR QVISQVIS ES HIC / ASTA ETLA CHRIMA ETINHOC / DIVE PACIS TEMPLO TEIPSVM / ASOR DE MVNDA. In un'ulteriore incisione, sulla base, compare la data

1405, che però sembrerebbe prematura, in relazione invece agli specifici caratteri stilistici proto-rinascimentali di questo portale.

L'analisi della chiesa di S. Domenico a Tocco dimostra la necessità di approfondire ulteriormente la conoscenza del patrimonio architettonico storico, risultato di un processo di costruzione eterogenea attraverso modifiche e ricostruzioni, effetto dei più disparati fatti storici. Uno scientifico metodo di studio deve considerare anche gli aspetti secondari e apparentemente meno importanti che, tuttavia, sono la chiave per comprendere la storia del monumento, esito degli eventi e della vetustà dell'edificio.

Lista de Referencias

Adorante, M.A. 2016. *L'architettura dei Domenicani in Abruzzo*. Pescara: Carsa.

Bartolini, L. 1983, *Architettura francescana in Abruzzo, dal XIII al XVIII secolo*, Pescara: DSSAR.

Bartolini, L. 1997. Delle tipologie religiose nell'architettura abruzzese fra XI e XIX secolo. In *Storia dell'Arte dell'Abruzzo e del Molise dall'antichità ai nostri giorni*, «Abruzzo», Pescara.

Bartolini, L. 2003. Il Seicento, in *Storia dell'architettura italiana*. Milano: Electa, 542–565.

Chiappini, A. 1926. *L'Abruzzo francescano nel secolo XIII*. L'Aquila.

Di Virgilio, F. 1982. *Tocco da Casauria, profilo storico*. L'Aquila: Japadre.

Di Virgilio, F. 1990, Tocco da Casauria, in *Centri storici della val Pescara, dall'evo medio ai nostri giorni*. Pescara: Carsa.

Di Virgilio, F. 1991, *I Francescani a Tocco Casauria*. L'Aquila: Edizione frati minori «S. Bernardino».

Giannantonio, R. 2000. Le chiese nel Settecento abruzzese. In *L'Abruzzo nel Settecento*, Pescara: Ediars, pp. 71–146.

Iovenitti, S. 1960. *Tocco attraverso i secoli*. Sulmona: D'Amato.

Muratori L., 1754. *Annali d'Italia*, vol. VIII, Napoli.

Mazzanti, C. 2013. *La chiesa di Santa Maria Maggiore a Caramanico*. In *Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, vol. II, Madrid: Instituto Juan de Herrera, pp. 661–670.

Ricotti, E. 1938. *La Provincia francescana abruzzese di S. Bernardino dei frati minori conventuali*, XVI, Roma.

Serafini A. 1927. *Torri campanarie di Roma e del Lazio nel medioevo*. Roma: Sonsini.

Primera aproximación a la variedad constructiva de la arquitectura vernácula de tierra en la Península Ibérica

Camilla Mileto
Fernando Vegas López-Manzanares
Lidia García Soriano
Laura Villacampa Crespo
F. Javier Gómez Patrocinio

La arquitectura tradicional de tierra en la Península Ibérica constituye un patrimonio de gran importancia e interés por la gran concentración y diversidad de la misma, destacando por ello dentro del área europea. Además, esta arquitectura se encuentra presente en todo tipo de edificios tanto en los núcleos urbanos de distintos tamaños como en edificaciones rurales aisladas, adaptándose a los requerimientos en cada caso.

Esta arquitectura tradicional de tierra se ha desarrollado durante siglos en relación directa con las particularidades de cada lugar concreto como son las tradiciones culturales, la morfología, la geografía, el clima, la geología y los materiales disponibles, entre otros factores. Como respuesta a los diferentes factores externos, la arquitectura tradicional de tierra optimiza los recursos materiales y naturales y es fruto de la evolución y el aprendizaje continuo de las experiencias del pasado de la gente local para hacer frente a las necesidades de cada momento y cada lugar.

La forma de los edificios, la distribución, el emplazamiento y el aprovechamiento de recursos como el sol o el viento, son una respuesta directa a las condiciones de entorno de cada lugar. La gran diversidad cultural, geográfica, climática y material existente en toda la península genera que una gran riqueza y variedad en su arquitectura tradicional.

Objetivos y metodología

El objetivo principal de esta investigación es la identificación de las técnicas de construcción con tierra empleadas en la arquitectura tradicional y las variantes con mayor incidencia en la Península Ibérica. Además, se han planteado los siguientes objetivos parciales:

a. Identificar las técnicas principales de tierra existentes en la Península Ibérica a través del análisis bibliográfico de estudios ya existentes, generalmente sobre la arquitectura tradicional de zonas específicas, y de la toma de datos directa a través de la realización de visitas de campo por todo el territorio estudiado.
b. Realizar una clasificación objetiva y clara de las técnicas y variantes constructivas y reconocer las variantes más destacadas de cada una de las técnicas por su presencia y extensión geográfica y la abundancia de las mismas, con la creación de una base de datos donde se vuelque toda la información recopilada y los casos analizados.
c. Establecer relaciones entre las técnicas y variantes y su localización geográfica en el territorio de la península.

Para llevar a cabo los objetivos citados se han realizado las siguientes tareas:

1. Análisis de la bibliografía existente sobre la arquitectura de tierra. Se ha analizado tanto la literatura general (AAVV 2008; AAVV 2011; Font Arellano 2005) como las publicaciones específicas de zonas concretas. De esta forma, se

han podido delimitar las áreas donde la presencia de arquitectura tradicional de tierra se ha identificado y estudiado en mayor o menor profundidad.

2. Exploración del área de estudio y toma de datos de forma directa. Esta tarea se ha llevado con trabajos de campo sucesivos en todo el territorio de la Península Ibérica, con especial incidencia en las áreas con reconocida presencia en el análisis bibliográfico. El trabajo de campo se ha realizado mediante análisis visual de las zonas visitadas que, en ocasiones, se ha visto limitado por la presencia de revestimientos que no permitían observar la sustancia constructiva de los edificios. Esta tarea se ha visto complementada por los datos aportados por las fuentes primarias, vecinos o propietarios, cuyos testimonios han sido muy importantes por la dificultad o imposibilidad de obtener esta información de otra manera, en su calidad de conocedores de primera mano de las construcciones y la evolución de las mismas.
3. Gestión de información recopilada con la ayuda de una base de datos donde se han introducido los datos de los distintos casos de estudio. La información de cada caso se ha reflejado en una ficha de estudio concebida específicamente donde plasmar las características principales de estas edificaciones y su entorno, además de la evolución o las intervenciones que han sufrido. El reconocimiento de las distintas técnicas y variantes constructivas se ha realizado siguiendo una clasificación establecida tras estudios y análisis previos del conjunto de datos, que engloba tanto las características del propio elemento de tierra como otros materiales que conforman el conjunto del edificio.
4. Identificación de las técnicas constructivas de tierra y sus variantes en la arquitectura tradicional de la Península Ibérica. Análisis de los datos recogidos en las tareas de campo para estudiar la presencia relativa de las variantes más significativas de cada técnica constructiva en la Península Ibérica.
5. Análisis geográfico de la situación de las técnicas y sus variantes en la Península Ibérica. Incidencia de las mismas en el área de la península Ibérica y zonificación.

Clasificación de técnicas constructivas y variantes

La heterogeneidad de materiales y técnicas en las construcciones tradicionales es muy común. Las variantes o incluso las técnicas no pueden englobarse en un solo grupo o familia por lo que su clasificación debe emprenderse atendiendo a los distintos aspectos que definen las características del conjunto de la técnica en el edificio.

Por ello, la clasificación de técnicas y variantes constructivas se ha confeccionado siguiendo un criterio de análisis del conjunto de materiales que componen el elemento desde lo general a lo particular, estableciendo combinaciones que permiten englobar todas las características. Esta metodología de clasificación se basa en el establecimiento de filtros o variables que permiten obtener una caracterización objetiva y completa del muro, incluyendo otros elementos y materiales presentes.

La metodología de clasificación parte de la división de las técnicas constructivas de tierra en tres grandes grupos con características semejantes desde el punto de vista de la configuración o conformación de los muros:

1. Tierra en muros monolíticos: estos muros tienen un carácter masivo, compacto y homogéneo. Engloba las técnicas de la tapia, la pared de mano y la arquitectura excavada.
2. Tierra en muros de piezas: estos muros pueden estar compuestos por piezas con tamaños y composiciones dispares, colocadas con distintas variedades de aparejo, dependiendo del tipo de muro del que se trate. En este grupo se encuentran los adobes, los tepes y los bloques de tierra cortada.
3. Tierra en entramados: los muros de entramado están compuestos por una estructura de madera y un relleno de tierra de características muy variadas. Este grupo abarca variantes que dependen de la configuración de la estructura del entramado y del tipo de relleno, a saber, de carácter monolítico, con piezas o de urdimbre con tierra.

Los muros de tierra monolíticos y los muros de piezas se han clasificado siguiendo un sistema similar en el que se han analizado las características del

elemento constructivo de tierra y sus eventuales suplementos, ya sea en sus juntas o en la masa. También se ha atendido al carácter mixto que en ocasiones presentan las fábricas cuando la técnica constructiva de tierra se encuentra combinada con elementos como machones o verdugadas, que constituyen soluciones constructivas que facilitan la conformación de las esquinas o el asiento de las tapiadas o hiladas sucesivas.

Los entramados con tierra se clasifican siguiendo el mismo criterio que en los grupos anteriores, de lo general a lo particular, diferenciándose porque en este caso la función portante viene absorbida por los elementos de madera. Se distinguen dos partes principales en esta clasificación: la primera parte, en la que se estudian las características estructurales del entramado con la configuración de los elementos de madera que lo componen; y la segunda parte que atiende al tipo de técnica de relleno que conforma el cerramiento del entramado, su constitución y configuración (monolítico, piezas o urdimbre con tierra).

Esta clasificación genera un número muy elevado de variantes con una gran precisión en cuanto a las características del caso de estudio analizado. Por el contrario, el alto grado de detalle de la clasificación reduce el número de casos de estudio con propiedades similares y dificulta la comparación entre los mismos. Por ello, la extracción de conclusiones o establecimiento de relaciones entre las variantes de cada una de las técnicas y el lugar pasa necesariamente por reagrupar las subvariantes en grandes familias que permitan realizar mapeados con muestras representativas dentro del conjunto.

Técnicas y variantes de tierra

El reconocimiento de las técnicas y variantes más representativas de la arquitectura tradicional de la Península Ibérica se ha llevado a cabo a través del análisis de la literatura preexistente, tanto de carácter general como de áreas concretas, así como páginas web oficiales, y una extensa labor de toma de datos de forma directa por toda la geografía. Los datos recopilados se han ordenado siguiendo la clasificación descrita previamente, identificando las características de todos los casos localizados. Una vez realizada la clasificación se han analizado los resultados y se han determinado las técnicas y variantes con mayor presencia o influencia. Se han constituido las grandes familias o grupos representativos de cada una de las técnicas a partir de los elementos con mayor repetición, generalmente suplementos de diferentes características presentes en las distintas variantes. Los casos pertenecientes a una misma familia poseen características constructivas análogas que permiten establecer relaciones entre las mismas y su ubicación relativa. Cada uno de los casos estudiados se engloba en una o varias familias, a tenor de su complejidad constructiva y de sus características propias, ya que un muro puede tener varias singularidades que lo caractericen. Si las propiedades son comunes, se engloban en los grandes grupos. Sin embargo, si alguna de sus propiedades es muy aislada se entiende que no tiene incidencia al nivel territorial de la Península Ibérica y no se tiene en cuenta en este trabajo.

Tierra en muros monolíticos

En el primer grupo de muros monolíticos, entre las tres técnicas constructivas consideradas (tapia, arquitectura excavada, pared de mano), destaca notablemente la tapia, presente en gran parte del territorio de la Península Ibérica. Asimismo, se han registrado cientos de casos de arquitectura de tierra excavada dispersos en toda la geografía que responden a distintos usos dependiendo de las necesidades de cada lugar. En muchas ocasiones estas construcciones se utilizan como bodegas por estar asociadas a los cultivos vinícolas, aunque también es común su uso como vivienda principalmente en zonas con climas cálidos.

La pared de mano es, de las técnicas pertenecientes a este grupo, la menos frecuente en la península. La dificultad de localización de ejemplos así como la progresiva pérdida de los mismos es quizás la razón por la cual también la bibliografía específica de esta técnica en el territorio es escasa, de modo que solo se han podido identificar algunas pequeñas áreas donde esta técnica está presente.

La técnica de la tapia es muy común en todo el territorio. Su versatilidad y adaptabilidad a los recursos de cada lugar ha multiplicado sus variantes hasta presentar un panorama muy complejo y variado (Vegas et al. 2014). Los muros de tapia se conforman con la tierra, que se vierte en un molde y se compacta, por lo que sus características finales dependerán del tipo

de encofrado, el tipo de tierra, los eventuales estabilizantes o suplementos utilizados y las soluciones de acabado de la misma (López Martínez 1999). Se han localizado muros de tapia en 277 localidades de las visitadas, donde existen en la mayoría de los casos diversas variantes constructivas. El conjunto de variantes de tapia estudiadas se ha agrupado en familias con características constructivas análogas cuya incidencia en términos absolutos es destacable en el cómputo general, y cuya incidencia en términos relativos respecto al conjunto se ha reflejado en porcentajes (tabla 1).

Las familias con mayor incidencia son los siguientes: tapia simple u homogénea, tapia suplementada en los paramentos, tapia suplementada en las juntas y tapia mixta.

La tapia simple u homogénea es la variante más sencilla, sin suplementos en juntas ni paramentos. En este grupo se engloban las tapias con adición de cal

TAPIA _ 277 LUGARES			
Familia _variante		**Nº de lugares**	**Porcentaje del total de los lugares**
Simple u homogénea		189	68%
Suplementada en paramentos		54	19%
	Calicostrada	44	16%
	Careada	32	14%
Suplementada en juntas		75	27%
	Con juntas	62	22%
	Con brencas de yeso	31	11%
Mixtas		119	43%
	Machones	86	31%
	Verdugadas	19	7%
	Machones y verdugadas	35	13%

Tabla 1
Familias y variantes de tapia con mayor incidencia. Dado que en un lugar pueden existir distintas variantes constructivas, la suma del número de familias/variantes es mayor que el número de lugares donde se ha localizado la técnica de la tapia.

(tapia real) o yeso en su masa, que presentan una cierta dificultad en su reconocimiento visual y, eventualmente, la tapia con mampuestos de piedra en su masa interior.

La tapia suplementada en los paramentos es aquella que incorpora desde su construcción un revestimiento u otros materiales en una o en las dos caras, que mejoran su comportamiento frente a la erosión. En esta familia se engloba la tapia calicostrada (eventualmente gipsocostrada, sobre todo, en Aragón) y la tapia careada (ladrillo o piedra).

La tapia suplementada en las juntas incorpora conglomerantes u otros materiales en las juntas entre los cajones de tapia, formando parte de la unidad del encofrado en su construcción. Los suplementos o pastones pueden aparecer únicamente junto a los paramentos o extenderse a toda la sección, adoptan forma de bandas horizontales, verticales o a veces incluso inclinadas o curvas, cubriendo generalmente en cualquier caso los mechinales de las agujas y contribuyendo a frenar la eventual erosión del paramento. En esta familia se han incluido la tapia con juntas de cal o yeso y la tapia con brencas y/o rafas de yeso.

La tapia mixta combina una fábrica de ladrillo, piedra o adobe en forma de machones, verdugadas o machones y verdugadas con cajones de tapia. Los machones permiten resolver con mayor facilidad las esquinas o las jambas del muro mientras que las verdugadas se emplean principalmente para poder asentar bien el encofrado o tapial superior y sus agujas. La combinación de ambos elementos en la denominada tapia encajonada, tapia encadenada o tapia de fraga es muy común pero su presencia destaca principalmente en la arquitectura monumental, militar o religiosa, y no tanto en la tradicional.

Destacan dentro del conjunto por su incidencia la tapia simple u homogénea, presente en más de la mitad de las localidades en las que se ha detectado la existencia de muros de tapia, y la tapia mixta.

Tierra en muros de piezas

En el segundo grupo de muros de piezas de tierra, de las tres técnicas consideradas (adobe, tepes y terrones) destaca notablemente la presencia del adobe distribuida en gran parte de la Península Ibérica. La técnica constructiva de muros de tierra con tepes es tradicional del noroeste de la península, aunque los

ejemplos localizados son escasos en parte por la sustitución y eliminación de los mismos. En cuanto a la construcción con terrores de tierra, su presencia se ha limitado al oeste de Portugal donde se utiliza recurrentemente allí donde el terreno ofrece las condiciones adecuadas.

La técnica constructiva del adobe posee unas características muy variadas en composición, tamaño y aparejo (Fernandes 2005), relacionadas directamente con la función o el tipo de cerramiento que conforma y el entorno o lugar en el que se encuentra. En la clasificación de estas piezas no se ha tenido en cuenta la dimensión y la composición o eventuales aditivos en masa de los adobes, que varían notablemente entre las distintas zonas de la península, y se ha atendido únicamente a las propiedades del muro en su conjunto y su combinación con otros elementos en la fábrica. En esta clasificación no se han contabilizado los adobes que forman parte de entramados de madera, que se analizan en el tercero de los grandes grupos establecidos.

Del conjunto de muros de adobe clasificados se han determinado las siguientes familias o variantes como las más significativas dentro del conjunto: fábricas simples de adobe; fábricas mixtas de adobe (generalmente combinado con la presencia de ladrillo o piedra) y fábricas con adobe como suplemento (tabla 2). Destacan notablemente los muros simples de adobe ya que aparecen en casi la totalidad de los lugares en los que se ha localizado esta técnica. Por otro lado, la presencia de muros mixtos de adobe es una práctica muy común que aparece casi en la mitad de las localidades donde existe adobe.

ADOBE_235 LUGARES		
Familia_variante	**Nº de lugares**	**Porcentaje del total de los lugares**
Fábrica simple de adobe	204	87%
Fábrica mixta de adobe	107	45%
Fábricas con adobe como suplemento	29	12%

Tabla 2
Variantes o familias incidentes de muros de adobe. Dado que en un lugar pueden existir distintas variantes constructivas, la suma del número de familias es mayor que el número de lugares donde se ha localizado la técnica del adobe.

Tierra en entramados

Los entramados de madera, existentes en parte o en la totalidad del edificio, pueden ser muy diversos tanto a tenor de la disposición de los elementos de madera que los conforman, como del relleno que los acodala y conforma el cerramiento, de forma que ambos elementos trabajan de forma conjunta. El tipo de relleno utilizado depende en gran medida de la disposición de los elementos de madera, y viceversa. En esta primera aproximación, a falta de desarrollar completamente la clasificación de la estructura de los entramados, se han establecido provisionalmente las familias más representativas considerando el tipo de relleno de tierra utilizado.

La presencia de entramados con tierra se ha detectado en 113 localidades, por lo que su presencia es menos frecuente que la de las técnicas estudiadas previamente. Dentro del conjunto de entramados identificados, destacan los siguientes grupos o familias a tenor del relleno entre elementos de madera: monolíticos, con piezas –principalmente adobe– y con urdimbre enlucida de tierra. Destacan en el conjunto los rellenos monolíticos y con adobe, que aparecen aproximadamente en la mitad de las localidades donde existe la técnica del entramado con tierra (tabla 3).

Los adobes que conforman el relleno pueden estar dispuestos en distintas posiciones ya sea horizontal, en espina de pez, inclinados o de forma aleatoria. Entre los entramados localizados destacan los adobes en

TIERRA EN ENTRAMADOS_ 113 LUGARES			
Familia_variante del relleno		Nº de lugares	Porcentaje del total de los lugares
Adobe		57	50%
Monolítico		48	42%
	Tierra y piedra	35	31%
	Tapialete	19	17%
	Pared de mano	2	2%
Urdimbre		25	22%

Tabla 3
Variantes o familias incidentes de muros con tierra en entramados de madera. Dado que en un lugar pueden existir distintas variantes constructivas, la suma del número de familias es mayor que el número de lugares donde se ha localizado la tierra en entramados.

posición horizontal, aunque cuando los montantes verticales se encuentran muy próximos es común que estos estén inclinados, acodalando de esta forma la estructura de madera.

Mapeados de técnicas y variantes de tierra

La transferencia de todos los datos obtenidos de la clasificación a los mapas de técnicas se ha realizado con la ayuda del programa Google Earth. Este programa permite ubicar puntos de localización en los lugares concretos en los que se encuentra cada técnica, variante o familia de forma organizada y exacta y, por ello, es muy importante la correcta organización de la información. El estudio geográfico se ha realizado a tenor de la presencia de las técnicas, no de su recurrencia en cada localidad, ya que en esta fase de la investigación interesa conocer las áreas en las que se encuentran presentes de cada una de las técnicas y variantes y no la presencia reiterada de las mismas.

Los datos de Google Earth se han pasado a formato vectorial para facilitar el manejo de la información y el trabajo con la misma. Se han mapeado las áreas de incidencia o extensión de cada técnica y variante que engloban los planos de puntos de Google Earth. Los límites de estas áreas deben considerarse necesariamente una aproximación debido a la imposibilidad de realizar una toma de datos in situ en todas las localidades de la península y la dificultad de detectar todas las técnicas y variantes en todas las localidades al tratarse en su mayoría de un análisis visual.

Los mapeados permiten analizar geográficamente la existencia de cada una de las técnicas y variantes, así como la comparación de las áreas con la morfología, clima, geología, etc., de la península, aspectos íntimamente relacionados con la arquitectura tradicional, y concretamente con la arquitectura tradicional de tierra (Gil Crespo 2013). En estos mapas se han reflejado los grandes grupos de estudio, a saber, muros monolíticos, muros con piezas y entramados, así como las familias y variantes más significativas de las técnicas de tapia, adobe y entramados con tierra.

Tierra en muros monolíticos

En los muros con carácter monolítico destaca notablemente la tapia, técnica presente de forma reiterada en gran parte de la península Ibérica, exceptuando la parte norte y oeste de la misma, aunque se han localizado algunos casos aislados en estas áreas como Monforte de Lemos en Galicia (Fernández Palicio 2016). La tapia es la técnica con mayor presencia en la Península Ibérica, con un uso muy frecuente en todo tipo de construcciones (Vegas et al. 2014).

Las construcciones excavadas empleadas como bodegas están presentes en localidades como de La Guardia (Álava) o el Cerrato Castellano (Paredes Obispo 2015), Requena y Utiel (Valencia), Sant Cugat Sesgarrigues (Barcelona), pero existe gran número de localidades o zonas en las que estas cuevas representan una tipología de vivienda tradicional del lugar como en Guadix, Almanzora y Sacromonte (Granada), Crevillente, Bocairent, Bétera, Paterna y Moncada (Comunidad Valenciana), Alcalá del Júcar (Castilla La Mancha) (Vegas et al. 2014 b, 117), entre otros muchos ejemplos.

Ha sido posible determinar la existencia de muros construidos con pared de mano en algunas de las construcciones tradicionales valencianas, las barracas, donde la técnica se conoce como «fang renugat» (Pastor et al. 2012), en la provincia de Zamora y, eventualmente, en el relleno de entramados de madera (Mileto et al. 2014) (figura 1).

En la familia de la tapia, la tapia simple u homogénea es la variante más recurrente en la península y su área de influencia ocupa una superficie muy similar a la de la técnica de la tapia en su conjunto (figura 2).

La tapia con suplementos en los paramentos se localiza principalmente en la zona sur y este de la península. La tapia calicostrada se extiende en las co-

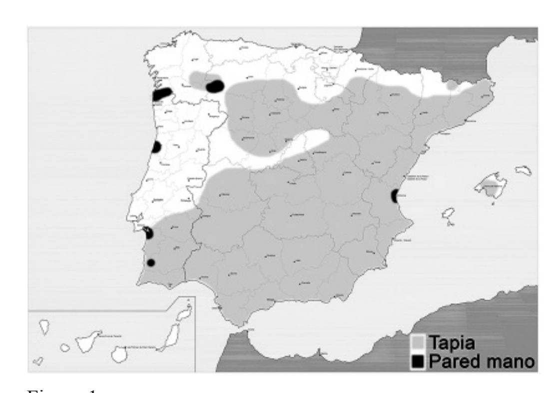


Figura 1
Tierra en muros monolíticos

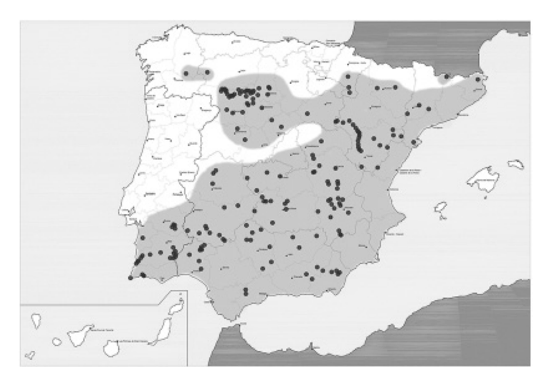


Figura 2
Tapia simple

munidades de Andalucía, Extremadura, Murcia, Castilla la Mancha, Valencia y el sur de Aragón, donde se emplea incluso en yeso para calicostrar, formando una subvariante que podríamos denominar tapia gipsocostrada. La tapia careada se encuentra principalmente en el Este y Sur de Portugal, donde el material más utilizado para carear la tapia es el ladrillo y, eventualmente, la piedra en segunda línea respecto a la costa. Existe un área en la zona de Castilla y León donde los ejemplos localizados son tapia careada con adobe, signo de la gran riqueza soluciones constructivas con tierra que existe en esta territorio (del Río Muñoz & Jové 2015) (figura 3).

La tapia con suplementos de pastón de cal o yeso entre juntas o tongadas aparecen en las zonas donde estos materiales se conseguían con cierta facilidad. Esta variante se repite con mayor frecuencia en áreas del centro y sur de Aragón y el este de Castilla la Mancha, donde se encuentran numerosos yacimientos yesíferos (Vegas et al. 2009), y en el norte de Andalucía y sur de Portugal donde predomina el uso de la cal (Canivell et al. 2014) (figura 4).

La tapia mixta se encuentra distribuida por todo el territorio de la Península Ibérica. Destaca en este grupo la tapia con machones, presente en gran parte del territorio de la península. La tapia con verdugadas se localiza principalmente en la zona Suroeste de la Península Ibérica, en Extremadura, Andalucía. Por último, la tapia con machones y verdugadas combinados aparece distribuida por toda la geografía destacando su presencia en la zona Sur (Extremadura, Andalucía y Castilla la Mancha), en Castilla y León y en Aragón (figura 5).



Figura 4
Tapia suplementada en las juntas

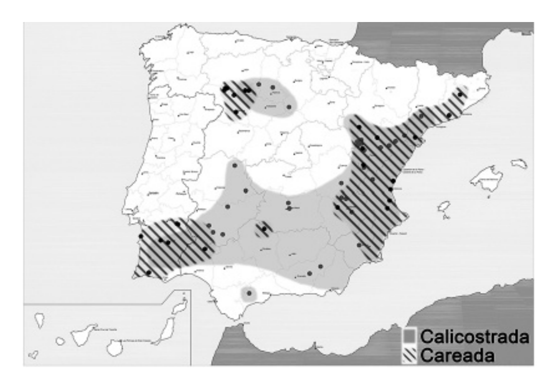


Figura 3
Tapia suplementada en paramentos

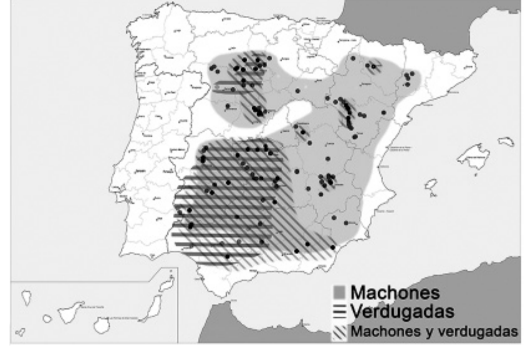


Figura 5
Tapia mixta

Muros con piezas de tierra.

Las fábricas con piezas de tierra están presentes en gran parte de la Península Ibérica, exceptuando áreas como el corredor cantábrico, el Norte y Centro-Este de Portugal o la zona sur de Andalucía.

Se han localizado algunos ejemplos de fábricas con tepes en el noroeste de la península, en localidades como Lavandeira, Penouzos o Chosuela en Ourense (Fernández Palicio 2016) o Mozuelas de la Carballeda en Zamora. Por otro lado, el uso de terrores de tierra se ha limitado prácticamente al Oeste de Portugal donde se han localizado varios ejemplos en localidades como Châos, Vale de Marinhas o Várzea en Santarem.

Las zonas de mayor concentración de empleo del adobe corresponden con Castilla y León y Aragón, áreas en las que gran número de edificios en muchas de las localidades están construidos con este material (Abad Alegría 1997). Por otro lado, su presencia también es notable en Castilla la Mancha, Extremadura y el norte de Andalucía (Font Arellano et al. 2011) (figura 6).

La fábrica simple de adobe consiste en un muro construido únicamente con este material, con independencia del mortero empleado para su asiento. Esta variante está presente en la mayor parte del territorio donde existe el adobe.

La fábrica mixta de adobe es otra de las técnicas más frecuentes a encontrar principalmente en el área de Castilla y León, Aragón, Noreste de Extremadura y Oeste de Castilla la Mancha. En ocasiones, se trata de una estructura porticada de machones de mampostería de piedra y viga de madera con fábrica de adobe a modo de cerramiento. En este caso, los adobes utilizados son, generalmente, de menor tamaño, conformando muros con un espesor más reducido (Fernandes & Conceição Lopes 2011). Las fábricas de adobe también pueden estar suplementadas en las juntas verticales u horizontales con diversos materiales como la piedra o la cerámica, que forman parte del aparejo (figura 7).

Los adobes empleados como suplemento aparecen principalmente en muros de tierra, principalmente en tapia pero también pared de mano en algún caso. Está variante se localiza principalmente en la zona de Castilla y León, donde se han hallado un número considerable de ejemplos (del Río Muñoz & Jové 2015), aunque existen otras comunidades en las que existen casos aislados (figura 8).



Figura 7
Fábricas mixtas de adobe

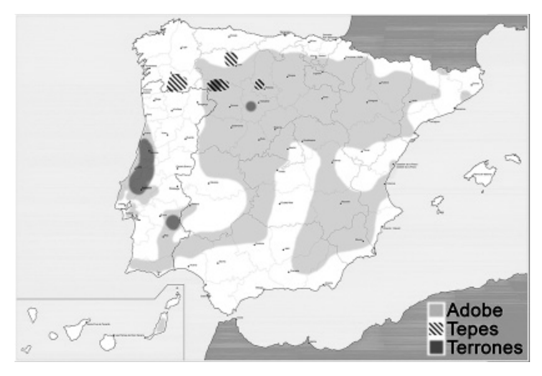


Figura 6
Muros con piezas de tierra



Figura 8
Fábricas que emplean el adobe como suplemento

Tierra en entramados

La técnica de entramados rellenos con tierra se manifiesta en un área más reducida que los predominantes muros de piezas de tierra (adobes) y que los muros monolíticos (tapia), ya que su presencia está ligada a la existencia simultánea de madera para su construcción. Esta técnica se localiza principalmente en el centro norte de la Península Ibérica, en el área de Castilla y León, Norte de Castilla la Mancha, la Rioja, País Vasco y Norte de Portugal. También se ha delimitado un área retirada de la anterior entre Albacete, Jaén y Granada, correspondiente con el Parque Natural de Sierras Cazorla, Segura y las Villas (figura 9).

Los entramados con relleno monolítico no se encuentran en un área delimitada sino que están distribuidos en toda el área en la que los entramados están presentes, principalmente en la zona de Burgos, Soria, Guadalajara y Cuenca, y en el sur de Salamanca y norte de Cáceres. Los tipos de relleno monolítico responden a una agrupación de rellenos con carácter masivo como la pared de mano, el tapialete (la tierra con yeso y cascotes, en ocasiones encofrada a uno o dos lados) y la tierra mezclada con mampuestos de piedra (figura 10).

Los entramados con relleno de adobes se localizan en un área amplia y acotada sobre Castilla y León, el norte de Cáceres y Castilla la Mancha, La Rioja, y el Sur del País Vasco, Santander y Asturias (AAVV 2011) (figura 11).

La variante de entramados rellenos de urdimbre simple enlucida con tierra o de urdimbre doble rellena con tierra aligerada engloba elementos de mayor

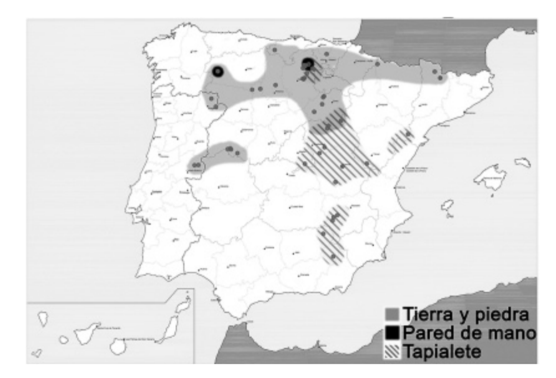


Figura 10
Entramado con relleno monolítico

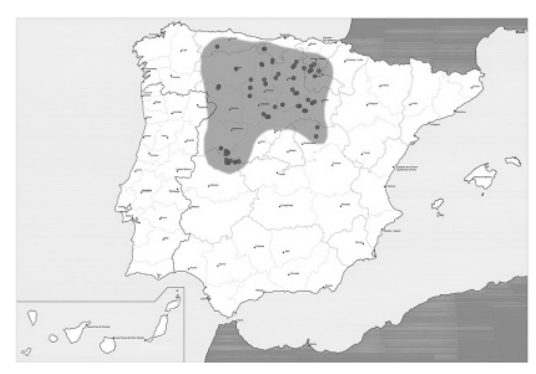


Figura 11
Entramado con relleno de adobe

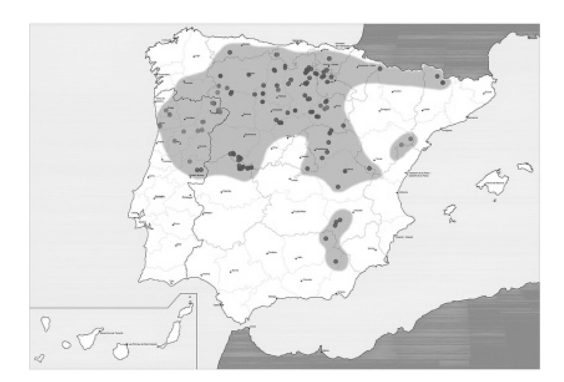


Figura 9
Tierra en entramados

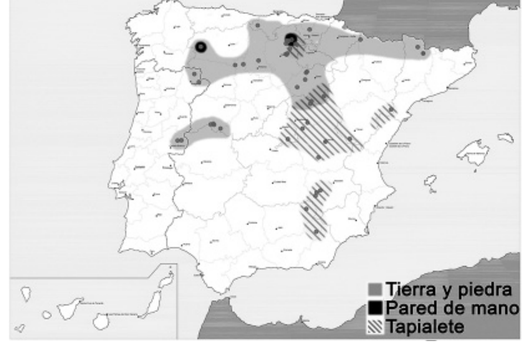


Figura 12
Entramado con relleno de urdimbre

ligereza y generalmente menor espesor que las variantes con relleno monolítico y de adobes. Los rellenos de urdimbre con tierra contienen elementos vegetales, como cañizo, ramas, listones, tablas con listones claveteados (Fernández Palicio, 2015), etc. sobre los que se recibe la tierra (o a veces la tierra mezclada con trenzas de paja, mazorcas, etc.), para configurar el cerramiento (figura 12).

Conclusiones

La arquitectura de tierra, ligada a la geografía y los recursos naturales del territorio, a la cultura y la economía local, constituye un patrimonio de gran relevancia e interés para la Península Ibérica, que es una de las áreas europeas con mayor concentración de este tipo de arquitectura, tanto a nivel monumental como rural aislado e integrado en los núcleos urbanos de muchas localidades. La arquitectura vernácula de tierra en la Península Ibérica posee una gran riqueza de técnicas constructivas que se han empleado a lo largo de la historia y que responden en gran medida a la extensión del territorio, a su heterogeneidad geográfica y climática, a la variedad de materiales disponibles y a la diversidad cultural.

El análisis bibliográfico se ha complementado con un extenso trabajo de campo en el que se han documentado las construcciones de tierra de gran parte del territorio a través de una toma de datos de forma directa. La clasificación del conjunto de datos ha permitido establecer las técnicas constructivas y variantes más recurrentes a partir de las cuales se ha elaborado una taxonomía lo más completa posible de las mismas y una aproximación geográfica de su ubicación en la península. Esta clasificación ha permitido determinar que la tapia es la técnica constructiva más abundante y la más extendida en el territorio de la Península Ibérica, ocupando casi la totalidad del mismo a excepción del corredor cantábrico. Por otro lado el adobe también está presente en gran parte del territorio siendo su presencia más notable en la mitad Norte, al igual que ocurre con los entramados de madera con tierra. Por ello, se puede afirmar que las técnicas tradicionales de tierra están presentes en casi todo el territorio de la Península Ibérica constituyendo una parte fundamental de su patrimonio vernáculo.

Notas

1. Este trabajo se enmarca dentro del proyecto de investigación «SOStierra. La restauración y rehabilitación de arquitectura tradicional de tierra en la Península Ibérica. Líneas guía y herramientas para una intervención sostenible» financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad Español (BIA2014–55924–R).

Lista de Referencias

AA.VV. 2008. *Terra Incognita*. Lisboa: Argumentum.

AA.VV. 2011. *Terra Europae: earthen architecture in the European Union*. Pisa: ETS.

Abad Alegría, F. 1997. *Construcciones de barro en Aragón*. Huesca: La Val de Onsera

Canivell, J., Rodríguez García, R., González Serrano, A.M. y Romero Girón, A. 2014. «Vernacular rammed earth builng typologies in the ancient reign of Seville, Spain». *Vernacular heritage and earthen architecture, CIAV 2013*, 117–122. London: Balkema

Del Río Muñoz, M. y Jové, F. 2015. «From refined to popular architecture. Mixed rammed earth walls with adobe reinforcements». *Earthen architecture: past, present and future*, 115–120. London: Balkema

Fernandes, M. 2005. Mouled Adobe. *Earthen Architecture in Portugal*, 45–49. Edita M. Fernandes & M. Correia. Lisboa: Argumentum.

Fernandes, M. y Conceição Lopes, M. 2011. *L'adobe au Portugal. Les cultures constructives de la brique crue*, 205–212. Edita C.A. de Chazelles, A. Klein & N. Pousthomis. Montpellier: Éditions de l'Espéro.

Fernández Palicio, A. 2015. «Earthen construction in Alto Arnoia river valley, Galicia». *Earthen architecture: past, present and future*, 139–144. London: Balkema.

Fernández Palicio, A. 2016. «Impossible, comme construire en terre en Galice». Trabajo diploma DSA Terre architecture, ENSAG–CRAterre, Grenoble.

Font Arellano, J. 2005. «Earth construction in Spain and Portugal». *Earthen Architecture in Portugal*, 119–123. Edita M.Fernandes & M. Correia. Lisboa: Argumentum.

Font Arellano, J. et al. 2011. «La presence de l'adobe en Espagne». *Les cultures constructives de la brique crue*, 205–212. Montpellier: Éditions de l'Espérou.

Gil Crespo, I.J. 2014. «Geographical cataloguing of earthen architecture in Soria, Spain». *Vernacular heritage and earthen architecture, CIAV 2013*, 123–128. London: Balkema.

Mileto, C., Vegas, F., Cristini, V. y García, L. 2013. «Cob in Spain». *Vernacular heritage and earthen architecture, CIAV 2013*, 301–306. London: Balkema.

Paredes Obispo, C. 2015. «Estudio de las bodegas tradicionales excavadas del Cerrato Castellano. Vías de conservación mediante instrumentos de sensibilización de sus propietarios». *La arquitectura construida en tierra, Investigación y Documentación, Ciatti 2014,* 161–170. Valladolid.

Pastor, R. et al. 2012. «The barraca of Valencia agriculture field: a construction built with earth techniques». *Rammed Earth Conservation*, 551–555. London: Balkema.

Vegas, F., Mileto, C. y Cristini, V. 2009. «Construzioni in terra cruda rinforzata con gesso, Aragona, Spagna». *Mediterra, 1St Mediterranean Conference on Earth Architecture*, Gagliari.

Vegas, F.; Mileto, C.; Cristini, V. y L. García Soriano L. 2014 a. «La tapia en la Península Ibérica». *La restauración de la tapia en la Península Ibérica*. Valencia: Ed. TC Cuadernos.

Vegas, F., Mileto, C., Cristini, V. y Ruiz Checa, J.R. 2014 b. «Underground settlements». *Heritage for tomorrow. Vernacular knowledge for sustainable architecture*, 117. Edita CORREIA, M., DIPASQUALE, L., MECCA, S. Firenze: University Press.

El Puente de Hierro sobre el río Tajo a su paso por Talavera de la Reina. Un ejemplo de elemento configurador del espacio urbano

Vicente E. Molina Sánchez

El proyecto de la Carretera de 3º orden de Los Navalmorales a Talavera de la Reina fue aprobado, junto con la travesía que enlazaría la Carretera General de Madrid a Badajoz, por Real Orden de 16 de marzo de 1880. Sin embargo, en aquel expediente no se había incluido el puente metálico sobre el río Tajo, pues se trataba de un proyecto aislado que aún se encontraba en vías de estudio y tramitación (AGA. Fondo (4) 87. Legajo24/2767). Aunque el ingeniero Emilio Grondona Pérez lo remitió para su examen y aprobación en julio de 1877, éste, pese a obtener numerosos elogios de la Junta Consultiva de Caminos, Canales y Puerto, fue objeto de diversas correcciones que demoraron su ejecución hasta el punto de que la Dirección General de Obras Públicas se planteó la necesidad de diseñar una nueva infraestructura que, basándose en el primitivo proyecto, recogiera cuantos avances y mejoras se hubieran producido en el campo de la ingeniería aplicada a la construcción de puentes metálicos. Los diferentes autores que han tratado el asunto de la construcción del puente hierro afirman que la paralización de las obras del primer proyecto se debió estrictamente a cuestiones políticas y al déficit crónico que padecía el erario público (Díaz y Moraleda 1998, 100–102), y si bien es cierto que fueron dos causas de peso, también lo es que no sólo pueden atribuirse a éstas, porque entonces no se realizaría una valoración exacta y objetiva de los hechos ocurridos en torno a este proyecto.

Las referencias bibliográficas consultadas nada han recogido sobre los numerosos problemas técnicos y errores de cálculo de resistencia de las diferentes piezas del puente que planteaba el proyecto de Grondona Pérez, repitiéndose de esa forma y de manera reiterada los mismos errores documentales. Así, por ejemplo, el 14 de agosto de 1877, la Superioridad devolvió el proyecto con un extenso informe de la Junta Consultiva de Caminos, Canales y Puertos en el que se ponía de manifiesto la necesidad de introducir varias modificaciones, algunas de ellas de suma importancia, como lo eran el aumento del desagüe y la elección del aire comprimido para las fundaciones de las pilas. En el mismo informe se hacía constar que también debían sustituirse los arcos de hierro fundido por vigas rectas, razón por la cual se solicitó un anteproyecto de puente de este género. Transcurrido unos meses, en abril de 1879, el facultativo remitió de nuevo el proyecto con las reformas que le habían sugerido desde instancias superiores, si bien optó por dejar como sistema de puente el de arcos de hierro fundido, decisión que resulta cuanto menos sorprendente al tratarse de uno de los principales motivos por el cual se desechó (figura 1). Tras ser nuevamente valorado por la Superioridad en sesión de 9 de diciembre de 1879, el expediente fue devuelto en enero de 1880 para que el ingeniero introdujese las variaciones que desde hacía tiempo venía exigiéndole la Junta Consultiva, así como otras relacionadas con un posible encauzamiento de esta zona del Tajo en las inmediaciones del puente.

Tal y como recoge el expediente consultado, eran cuatro los asuntos que requerían una profunda revi-

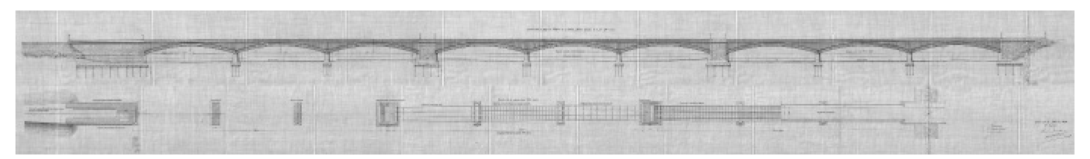


Figura 1
Alzado general y planta del puente sobre el río Tajo en Talavera de la Reina diseñado por Emilio Grondona Pérez en 1879 (ACOPCLM)

sión por parte del responsable de la obra. La Junta Consultiva exigía que se proyectase un puente de vigas rectas o parabólicas de 40 a 42 metros de luz. Asimismo, apuntaba que la rasante del mismo debía rebajarse de dos a tres metros de manera que ésta quedase a dos metros y medio o tres por encima del nivel de máximas avenidas. De otro lado, el informe incidía en que la sección del desagüe debía de fijarse en vista del anteproyecto que se estaba realizando de encauzamiento del Tajo, frente a Talavera, con el fin de lograr una posible reducción de la longitud del puente y, por último, entendía que resultaba indispensable aumentar la profundidad de cimentación de las pilas, dejando enterrada toda la cámara de trabajo en el banco de arcilla en vez de apoyarse solamente en él como hasta ahora había proyectado el técnico encargado de la construcción.

Nada más se volvió a decir sobre este tema hasta pasadas casi dos décadas. En este sentido, resulta cuanto menos revelador algunas de las declaraciones efectuadas por la Subdivisión Sur de la Sección 2ª de la Junta Consultiva de Caminos, Canales y Puertos, la cual el 23 de septiembre de 1897 emitió el dictamen que se le solicitó del nuevo proyecto del puente metálico formulado por el ingeniero Emilio Martínez Sánchez-Gijón en mayo de este mismo año; informe donde criticaba con dureza el exiguo o nulo interés que había mostrado durante 18 años el Ingeniero Jefe de la Provincia de Toledo, Valentín Martínez Indo, por cumplir con las prescripciones y directrices que se le había señalado en el informe de 9 de diciembre de 1879 sobre el proyecto elaborado por su colega, Emilio Grondona Pérez: «La Junta (...) no cree poder dejar de llamar la atención de la Superioridad, sobre el largo espacio de tiempo transcurrido desde la última consulta de la Junta acordada en la sesión que acaba de citarse y la presentación del nuevo proyecto con arreglo á la misma consulta, ó sean 18 años, lo cual prueba la indiferencia con que por el Ingeniero Jefe de la provincia se han mirado durante todo éste tiempo, las disposiciones de la Superioridad, dictadas de acuerdo con el referido dictamen de la Junta».

No menos sorprendente resultaba la misiva, firmada en octubre de 1908, con la que Grondona Pérez justificó, a causa del fallecimiento de su esposa, su ausencia ante la inminente inauguración del puente de hierro. Dirigida a los talaveranos, el referido ingeniero expuso una sucinta retrospectiva de las obras y los problemas que fueron surgiendo a medida que éstas se ejecutaron. En realidad, este documento no tendría ningún interés si no fuera por las afirmaciones que se vertían en él. Tras realizar una más que notable exaltación del proyecto que confeccionó en 1877, éste declaró que fue un cambio político el que propició que el citado trabajo quedase aparcado en su estudio para centrarse en otros que según su criterio resultaban ser más urgentes (AMTR. Caja 424). A este respecto, llama poderosamente la atención que Grondona Pérez omitiese las numerosas correcciones de las que había sido objeto su proyecto, modificaciones que ante la falta de interés de algunos miembros de la Jefatura provincial de Toledo y de él mismo, unido al inexorable paso del tiempo, precisaron de la redacción de un nuevo proyecto acorde con el desarrollo que había experimentado la industria metalúrgica durante el último tercio del siglo XIX.

Al margen de las circunstancias políticas y de las vicisitudes técnicas que pudieron surgir a lo largo de todo este proceso, para concluir con el proyecto de Emilio Grondona Pérez diremos que se trataba de un puente de nueve arcos de hierro fundido de 38 metros de luz cada uno sobre apoyos de fábrica y tres metros de flecha. Dicha estructura contaba con una calzada de cinco metros de ancho y dos pasillos laterales de un metro cada uno. La longitud total del puente entre los estribos de cada margen era de 404 metros (AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/4784). Sin duda, la gracilidad de sus arquillos apuntados y de

herradura, sus esbeltas columnillas con capiteles corintios y la sencillez de su estructura fueron los artífices de su sobria y equilibrada belleza, peculiaridades que le proporcionaron a su autor generosas y certeras críticas pese a sus contrastadas deficiencias técnicas.

Transcurridas dos décadas y ya con Grondona Pérez como Ingeniero Jefe de la Provincia de Toledo, la Junta Consultiva por orden de la Dirección General de Obras Públicas decidió tramitar la elaboración de un nuevo proyecto conforme a las actuales circunstancias, trabajo que, como ya hemos puesto de manifiesto, corrió a cargo de Emilio Martínez Sánchez-Gijón (figura 2). Una de las premisas que determinó el proyecto de este último fueron las continuas modificaciones y disposiciones que la Junta Consultiva había exigido al que le precedió, sobre todo aquellas que estaban relacionadas con el sistema del puente. En relación con lo dicho cabe destacar que tanto la Junta Consultiva como la Superioridad coincidían en que el puente diseñado por Grondona Pérez (de arcos de hierro fundido) no se ajustaba a la tipología estructural que le habían señalado, es decir, el sistema de vigas rectas o parabólicas, estructura que en el ámbito de la ingeniería también se conocía como *bow-string* («arco-cuerda»).

Los puentes de arcos superiores o *bow-string* tienen su origen en el célebre ingeniero británico Isambard Kingdom Brunel, quien aplicó, por primera vez, este sistema en el puente de Windsor (Berkshire, 1849) para salvar una luz de 57,25 metros (Anónimo 1866, 165). Por su parte, el primer ejemplo que planteó esta solución estructural en España fue el Puente de Prado (1865) sobre el río Pisuerga, en Valladolid, infraestructura que se fabricó en los talleres de John Henderson (Birmingham, Gran Bretaña) y que se construyó bajo la dirección de los ingenieros españoles Carlos Campuzano y Antonio Borregón (Sáenz y Fernández Troyano 2011, 482). Durante la década de los años setenta, el ingeniero oscense Joaquín Pano y Ruata levantó sobre los ríos Monzón (1875) y Ontiñena (1876) los dos siguientes puentes que emplearon este novedoso sistema en España. Sin embargo, esta tipología no se generalizó en nuestro país hasta finales del siglo XIX, popularizándose en la primera década del siglo XX asociada, normalmente, a los puentes carreteros, si bien, también hubo ejemplos ligados al mundo del ferrocarril. Un claro ejemplo de todo ello fueron los «puentes de Nuestra Señora del Pilar en Zaragoza (1898), el de San Antonio en Gallur (1902) y el de Caspe (1910), todos ellos sobre el río Ebro» (Biel y Pano 2006, 569–571). Otros ejemplos relevantes los constituyen los seis puentes construidos sobre el río Júcar en la Comunidad Valenciana: el de Sueca-Riola (1900), el de Cullera (1901–1905), el de Alfonso XIII en Sueca-Fortaleny (1906–1916), el de Gavarda (1917), el de Albalat de la Ribera (1912–1917) y el Alzira o Pont de Ferro (1910–1917) (Aguilar 2005, 35).

De acuerdo con lo dicho, el puente diseñado por Sánchez-Gijón (1897–1908) debemos situarlo cronológicamente en esa etapa de esplendor en la que los puentes de tipo *bow-string* o de vigas parabólicas, tal y como eran llamados por los ingenieros españoles, habían alcanzado un notable éxito y difusión por toda la geografía española. Conviene precisar que si Grondona Pérez hubiese accedido a rectificar su proyecto conforme a las directrices de la Junta Consultiva, es decir, por otro de vigas parabólicas, estaríamos ante uno de los ejemplos más tempranos que se hubiesen materializado en España siguiendo el sistema de arcos atirantados. Al proyecto de Sánchez-Gijón habría que sumar, hasta donde sabemos, otros dos ejemplos más que se ciñen a esta tipología estructural dentro de la provincia de Toledo, el puente de Malpica de Tajo, en la carretera de San Martín de Pusa a Santa Olalla (1893), diseñado por Julio Valdés y construido bajo la dirección de Emilio Grondona Pérez (Machimbarrena 1927a), y el de la Carretera de Alcaudete de la Jara a Velada (1911–1919), proyecto

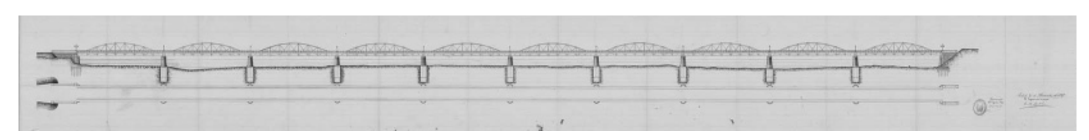


Figura 2
Alzado general y planta del puente metálico sobre el río Tajo en Talavera de la Reina diseñado por Emilio Martínez Sánchez-Guijón en 1897. AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/2767

redactado por el ingeniero Antonio Álvarez Redondo y reformado por el entonces Ingeniero Jefe de la provincia de Toledo, Luis Barber Sánchez (Machimbarrena 1927b).

El primer proyecto (figuras 2, 3 y 4) redactado por Sánchez-Gijón data del 30 de abril de 1897, presentándose el 13 de mayo de ese mismo año para su examen y aprobación. El autor del proyecto, teniendo en cuenta todos los antecedentes y deficiencias de su predecesor, concibió un puente de diez tramos de 40 metros de luz constituido por vigas parabólicas de seis metros de altura y una distancia entre ejes de 5,50 metros. Los tramos se apoyaban en estribos y pilas de fábrica, realizándose su cimentación y fundación mediante pilotaje y aire comprimido, respectivamente. Las viguetas, de un metro de altura, distaban entre sí 4,50 metros. Los largueros poseían 0,70 metros de altura y equidistaban 1,25 metros. Sobre los largueros y viguetas del tablero se apoyarían los hierros zorés que sustentaban el firme de 5 metros de ancho de macadán. Los andenes eran volados y tenían un metro de ancho. Las dos vigas principales de cada tramo iban arriostradas por su parte superior por vigas colocadas en los montantes. La longitud total del proyecto era de 774 metros. A petición de la Junta Consultiva, Sánchez-Gijón realizó un anteproyecto para encauzar el tramo del río Tajo en las inmediaciones del puente con el fin de reducir la longitud del mismo y aumentar su desagüe, solución que rápidamente se descartó pues el coste de dicha operación era muy superior a la economía que se lograría con la reducción de dos de los diez tramos metálicos que planteó en origen (AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/2767).

El 23 de septiembre la Junta Consultiva devolvió el proyecto de Sánchez-Gijón acompañado de un extenso informe donde detallaron las correcciones que éste debía introducir para su aprobación. Ya, de entrada, una de las primeras observaciones que se le hizo fue la excesiva economía de materiales con la que esbozó el proyecto, afirmando que se percibía una notable falta de rigidez, carencia que se hacía aún más evidente en las barras diagonales de las vigas principales por su excesiva delgadez. En consecuencia, se hacía previsible que su estructura no reuniera las condiciones de resistencia deseables, hecho que podría ocasionar nefastas consecuencias, comparándolo con el fatídico episodio acaecido sobre el río Birz cerca de la estación de Mönchenstein (Anónimo 1891). Los cálculos resultaron ser también deficientes, pues en ellos no existía ninguna referencia al roblonado, a los hierros zorés o a la acción del viento. Otra irregularidad que no pasó desapercibida para la Junta fue el hecho de que las secciones transversales de todas y cada una de las piezas de los tramos (vigas

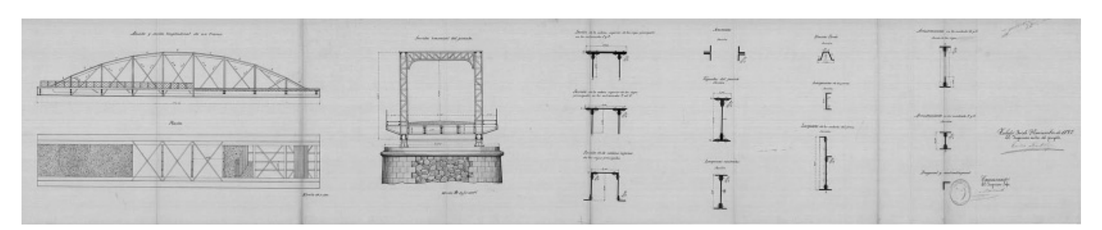


Figura 3
Alzado, planta, secciones, montantes, hierros zorés, largueros y viguetas. Diseños realizados por Emilio Martínez Sánchez-Gijón en 1897. AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/2767

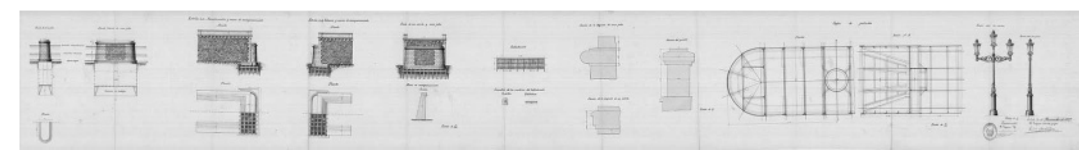


Figura 4
Estribos, pilas, muros de acompañamiento, tablestacado, pretil, cajón de palastro y farolas. Diseños realizados por Emilio Martínez Sánchez-Gijón en 1897. AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/2767

principales, barras de celosías, viguetas, largueros, etc.) se habían calculado con un coeficiente uniforme de trabajo, obviando los consejos recogidos en la Real Orden de 23 de abril de 1893 (GM. Número 118. 28/04/1893. 423–424) sobre este particular (AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/4784). Pese a plantear ciertos problemas técnicos, algo habitual en trabajos de esta magnitud, no dudaron en afirmar que se trataba de un «conjunto bello» gracias a su notable visualidad y extraordinaria longitud.

Debido a la situación de inminente ruina que amenazaba al puente medieval, nuestro funcionario se apresuró a redactar un nuevo proyecto, si bien éste se mantuvo prácticamente idéntico al anterior, ya que la mayoría de las modificaciones que debía introducir afectaban al peso de las piezas de hierro (largueros centrales, hierros zorés, vigas transversales, celosías, viguetas, montantes verticales, barras diagonales, etc.), razón por la cual la Junta Consultiva reiteró sucesivamente que se reforzaran los tramos metálicos con el objeto de otorgarles mayor espesor y, en consecuencia, rigidez. En este sentido, cabe destacar una de las conclusiones a las que habían llegado la citada Junta tras realizar un detallado análisis del proyecto que nos ocupa: «Es verdad que el adoptar tanta altura y tan poco espesor del alma, produce una economía de material, pero esto es en detrimento de las buenas condiciones de la construcción». Dos meses después el ingeniero entregó el nuevo proyecto. El 7 de enero de 1898 el Ingeniero Jefe de la provincia de Toledo, Emilio Grondona Pérez, remitió el proyecto a la Junta Consultiva, recibiendo el visto bueno de dicha Sección el 9 de julio de ese mismo año. Ésta última aprovechó la ocasión para recriminarle la tenacidad con que siempre sostenía «sus opiniones frente á las más fundadas de la Sección aceptadas por la Superioridad», consideración que invita a reflexionar en un único sentido y éste no es otro que la indiferencia que mostraba dicho funcionario ante las observaciones de sus superiores, posición que de algún modo quedaría refrendada con su negativa a rectificar el proyecto de puente de arcos de hierro fundido que diseñó en 1877.

Tras la aprobación técnica del proyecto por parte de la Jefatura provincial de Obras Públicas de Toledo, el 6 de febrero de 1899 la Superioridad dispuso que se diera a conocer el expediente informativo de esta obra a través del Boletín Oficial de la provincia, otorgando el plazo de 30 días para presentar las reclamaciones que fueran oportunas. Cuando parecía que las obras del puente iban a dar comienzo, nuevas vicisitudes salpicaron a este asunto. Unos días antes, el 3 de enero de 1899, Felisa y Rosa Sánchez Casanova, propietarias de los molinos harineros ubicados junto al puente medieval, solicitaron que se variase el emplazamiento del nuevo puente, trasladándolo a las proximidades de su propiedad al prever que la vieja infraestructura quedaría en desuso. Su petición estaba fundada en unos derechos legales que habían contraído con el Estado (por escritura pública otorgada en 4 de diciembre de 1846), al venderle éste último como bienes desamortizados los referidos molinos.

Las empresarias salmantinas justificaron su postura con otros razonamientos de peso. En primer lugar, sostenían que adquirieron los molinos con la condición de que el Estado se comprometiera a darles servidumbre perpetua, de ahí que si se construía un nuevo puente no tendría razón de ser restaurar el viejo, por lo que sus molinos quedarían inutilizados al abandonar a su suerte el único acceso a ellos. En segundo lugar, exigían que se preservaran sus derechos no construyendo el puente en el lugar indicado por Grondona Pérez sino lo más próximo a sus molinos. Además, opinaban que el punto designado para levantarlo presentaba un gran desnivel entre las dos márgenes y requeriría efectuar costosísimas expropiaciones en el lado de Talavera, asumiendo con ello la mutilación de parte de la mejor plaza de la localidad debido a la travesía que se había proyectado entre las dos carreteras. Por último, afirmaban que si finalmente se llevaba a cabo la obra en el punto elegido, el vecindario que residía en las inmediaciones de la travesía tendría que sufrir las molestias de los ganados transeúntes y las mercancías que atravesaban la población en dirección a la Estación de Ferrocarril, con el consecuente deterioro de los empedrados de estas vías.

De acuerdo con lo expuesto, consideraban que la solución pasaba por elegir una de estas dos opciones. Por un lado, restaurar la vieja fábrica del puente medieval o, por el contrario, ejecutar la obra objeto de estudio emplazándola, tanto como fuera posible, lo más cercana a sus molinos. Igualmente, juzgaban que la construcción de una ronda, en lugar de la travesía proyectada, resultaría más beneficiosa a la población, pues se facilitaría el tránsito entre las dos carreteras. Es preciso indicar que se trata de la primera ocasión en que se plantea la construcción de dicha ronda con

carácter oficial de carretera del Estado, si bien ésta no llegó a materializarse hasta 1945 dentro de las obras proyectadas con motivo del plan de ensanche de la población (AMTR. Caja 4007).No obstante, desde 1876 se tiene constancia documental de que este tramo recibía el nombre de *Calle del Cañillo* o *Paseo o Ronda del Cañillo*, topónimo que procedía de la fuente o caño que allí existía desde el siglo XVII (Pacheco (Dir.) 2013, 39–40).

Entretanto, la Corporación talaverana junto con otros 29 municipios involucrados en la construcción del puente metálico decidió tomar cartas en el asunto. De mutuo acuerdo redactaron un escrito solicitando la construcción de dicha obra tal y como se había proyectado, alegando los perjuicios y daños materiales que había ocasionado durante largos periodos el lamentable estado de la única vía de comunicación que existía entre Talavera de la Reina y su extensa comarca, territorio que abarcaba La Jara y buena parte de los Montes de Toledo. Las distintas corporaciones defendieron los factores históricos, socioeconómicos y comerciales que confluían en esta tierra, vínculos que se potenciaban más si cabe en épocas de ferias, mercados y recolecciones. Por todo ello concluían exigiendo la construcción de una infraestructura moderna que ofreciese una comunicación permanente y fluida.

Las reclamaciones dieron lugar a la creación de un expediente en el que se adjuntaron distintos informes con las alegaciones y peticiones de los interesados, así como la opinión de los hechos del autor del proyecto y del Ingeniero Jefe de la provincia de Toledo, Emilio Martínez Sánchez-Gijón y Emilio Grondona Pérez, respectivamente. A modo de resumen diremos que ambos ingenieros se mostraban favorables a la construcción del puente en el emplazamiento ya aprobado, pues declaraban que éste era el idóneo. En cuanto a los derechos y obligaciones que habían contraído las citadas propietarias con el Estado manifestaban, no sin cierta razón, que era una cuestión que no le competía a la Jefatura de Obras Públicas de Toledo.

Por todo ello el 28 de septiembre de 1899 la Sección 2ª de la Junta Consultiva declaró no acceder a lo solicitado por las propietarias de los molinos. Su dictamen exponía, entre otros motivos, que la Administración no estaba dispuesta a arriesgar la ejecución de una infraestructura de interés público por atender una demanda más o menos fundada, la cual no estaba justificada ni por su estado de conservación ni por los servicios que prestaba tanto a las carreteras que confluían a él como a los molinos que daban acceso. En consecuencia, sostenía que deberían transferirse de nuevo al Ayuntamiento de Talavera de la Reina las servidumbres y derechos que aún disfrutaban los molinos harineros ubicados junto al puente medieval, aseverando que la nueva construcción en nada las entorpecería ni modificaría.

A raíz de hacerse pública dicha resolución, las propietarias de los molinos trasladaron su demanda hasta el Tribunal de lo Contencioso. Lógicamente, este proceso judicial conllevó un significativo retraso en la subasta e inicio de las obras, las cuales, recordemos estaban aprobadas desde el 9 de julio de 1898. El 12 de diciembre de 1899 el expediente llegaba a manos de la Sección de Gobernación y Fomento y al igual que la Junta Consultiva se declaró favorable al dictamen que había emitido la Sección 2ª de la citada Junta, elevando el expediente al Ministro de Fomento el 15 de enero de 1900. Finalmente, el 5 de diciembre de 1901 el Presidente del Tribunal Supremo fallaba a favor de la Administración y de los intereses generales de un extenso territorio que tenía depositadas sus esperanzas en la construcción del puente de hierro. En lo sucesivo el Ayuntamiento de Talavera de la Reina se haría cargo de la conservación de la vieja fábrica del puente medieval (AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/4671).

Tras la decisión del Ministro de Fomento, el 11 de mayo de 1901 se celebró la subasta de las obras del puente metálico sirviendo de base para la misma el proyecto aprobado en 9 de julio de 1898. La adjudicación de la contrata recayó en la Sociedad Metalúrgica Duro Felguera. Por su parte, el constructor y contratista talaverano, Félix Forero Santoyo, se ocupó de destajar las obras de tierra, fábrica y afirmado. Finalmente, se designó al ingeniero Gabriel Pérez de la Sala, facultativo perteneciente a la Jefatura de Obras Públicas de Oviedo, para inspeccionar los trabajos de los tramos metálicos que se iban a realizar en los talleres de la Felguera (AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/4654).

Una vez iniciadas las obras, el 1 de septiembre de 1902 Grondona Pérez informó a la Superioridad de que se tendrían que acometer una serie de actuaciones para hacer frente a algunas circunstancias no contempladas en el proyecto inicial, hecho que supondría una considerable demorada en el conjunto de

los trabajos. El facultativo expuso que al llevarse a cabo durante el mes de mayo de 1902 la fundación del estribo de la margen derecha se encontraron con bloques que debían pertenecer a las antiguas murallas de la ciudad. Según declaraba en su informe, parece ser que al efectuar la hincada de pilotes, éstos tropezaban continuamente con «cuerpos duros en los que se rompían». Tras practicar un reconocimiento llegaron a la conclusión de que el río había sedimentado los referidos bloques en el transcurso de los siglos. Los sondeos realizados confirmaron que a unos seis metros de profundidad existía un potente banco de arcilla sobre el que se podría establecer con garantías la fundación del estribo. Ante este contratiempo, se propuso la supresión del sistema de pilotaje y emparrillados por el de macizón de hormigón hidráulico en recinto de pilotes y tablestacas construido por medio de atajía y agotamientos (AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/2768).

Estas operaciones (figura 5) y su consecuente proyecto adicional (figuras 6 y 7) corrieron a cargo del por entonces ingeniero subalterno, Enrique Bartrina Medina, facultativo del que Barber afirmó unos años después que a pesar de que los «agotamientos fueron importantes» estuvieron brillantemente organizados y resultaron ser económicos para la obra que inicialmente se preveía. Lógicamente, se abogó por adoptar el mismo procedimiento para el estribo de la margen izquierda aunque éste se encontraba, tal y como apuntó Barber en su informe, en mejores condiciones. El 13 de junio de 1903 Enrique Bartrina remitió el nuevo proyecto de los estribos, siendo aprobado por la Superioridad el 10 de agosto del mismo año. Por su parte, el proyecto y presupuesto de las cajas metálicas que habían de emplearse para las fundaciones de las pilas no se tramitó hasta mediados de enero de 1905. Ya, por entonces, el cargo de director de las obras del puente metálico lo ocupaba el ingeniero subalterno, Luis Barber y Sánchez, mientras que Grondona Pérez había vuelto a la dirección de la Jefatura provincial de Toledo. Huelga decir que para llevarse a término estas modificaciones, las obras sufrieron nuevas dilaciones en su ejecución.



Figura 5
Ingenieros, contratistas y operarios realizando los cimientos del Puente de Hiero (Autor de la fotografía: Juan Ruiz de Luna Rojas. 1905. ACOPCLM)

Cuando todavía se encontraba en tela de discusión algunas de las cuestiones arriba citadas, el 28 de enero de 1904 Grondona Pérez propuso a la Dirección General de Obras Públicas la aprobación de los planos de construcción de los tramos metálicos presentados por la Sociedad Duro Felguera, manifestando dicha Dirección su conformidad el 29 de febrero de ese año pese a introducir ligeras modificaciones en la disposición de

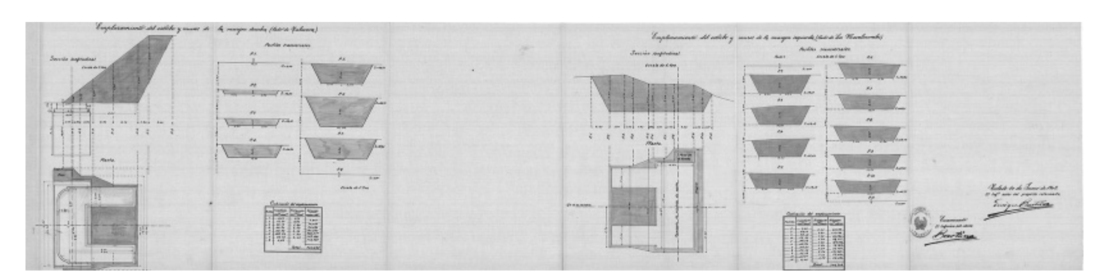


Figura 6
Perfiles para la cubicación de emplazamiento de estribo y muros de ambas márgenes. Diseños realizados por Enrique Bartrina Medina en 1903. AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/2768

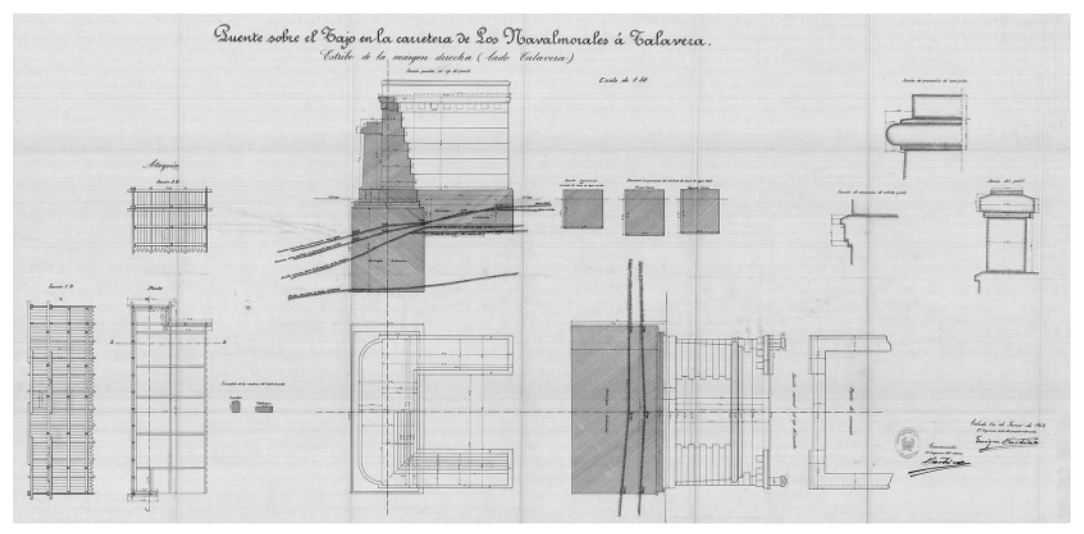


Figura 7
Alzado, planta, secciones y detalles del cimiento, estribo y muros de la margen derecha (lado Talavera) y de la ataguía de madera. Diseños realizados por Enrique Bartrina Medina en 1903. AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/2768

las chapas estriadas de los paseos y largueros laterales y en el modelo de hierro zoré. No obstante, se hace necesario apuntar que éstas no afectaron al sistema del proyecto aprobado en 1898. A mediados de mayo de 1904 Bartrina Medina ordenó que dieran comienzo las excavaciones para la fundación del escribo de la margen izquierda (figuras 8 y 9), recibiéndose a pie de obra el 21 de julio los materiales metálicos de las pilas. El 16 de marzo de 1905 la Dirección General devolvió el proyecto de las cajas metálicas de las pilas para que se introdujeran algunas variaciones en los remaches.

La construcción de las pilas se inició por la margen izquierda al comprobar que este lado del Tajo ofrecía mejores condiciones para la colocación de los hierros y su ingreso en el río (figura 10). Durante la

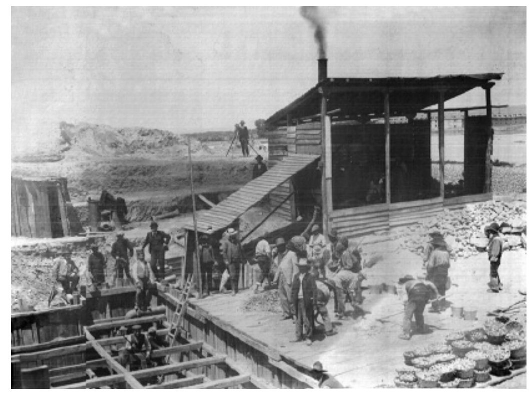


Figura 8
Construcción del estribo de la margen izquierda (Autor de la fotografía: Juan Ruiz de Luna Rojas. 1904. ACOPCLM)

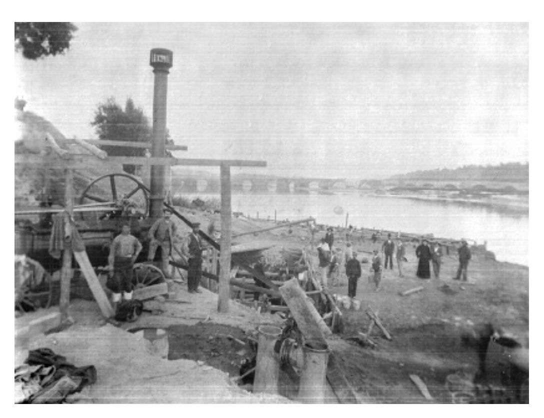


Figura 9
Operarios y maquinaria (Autor de la fotografía: Juan Ruiz de Luna Rojas. 1904. ACOPCLM)

fundación de las pilas surgieron algunas dificultades derivadas del sistema elegido así como otras provenientes de las fuertes avenidas del río, riadas que obligaron a interrumpir durante breves plazos el curso de las obras, principalmente, durante los primeros meses de 1905. En este sentido, es preciso destacar la avenida que se produjo en el mes de febrero, cuando las aguas coronaron prácticamente las pilas, situación que conllevó la elevación de la rasante de las mismas. Para la materialización de estos trabajos y la colocación de los zócalos se emplearon aproximadamente unos dos años (AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/4654).

El 8 de mayo de 1905 el Ayuntamiento de Talavera de la Reina presentó una instancia a la Dirección General de Obras Públicas solicitando, de un lado, la unión del puente con las carreteras de primer y tercer orden de ambas márgenes y, de otro, la elevación de la rasante de modo que ésta no quedase más baja que la población, algo que resultaría muy molesto para el tránsito dado el desnivel que existía entre la entrada del puente y la vía que daba acceso al mismo. El 26 de julio la Superioridad resolvió la petición de la Corporación ordenando que se redactase un proyecto adicional para unir a través de un tramo de carretera de 80 metros de longitud el puente en construcción con la carretera de la margen izquierda (figura 11), es decir, con la de Los Navalmorales a Talavera de la Reina. Sin embargo, se opuso a realizar el resto de operaciones pues entendían que debían correr a cargo de la Corporación local. Para la construcción de las



Figura 10
Montaje de piezas metálicas (Autor de la fotografía: Juan Ruiz de Luna Rojas. Hacia 1907. ACOPCLM)

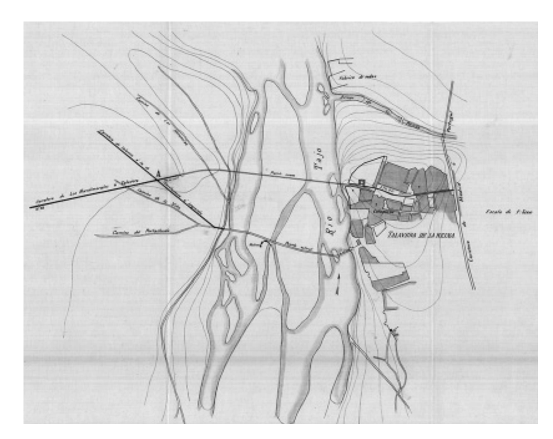


Figura 11
Unión de la Carretera de 3º orden de Los Navalmorales a Talavera de la Reina con la Carretera de Madrid a Portugal diseñada por Emilio Grondona Pérez en 1905. AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/4671

dos avenidas que darían acceso al puente, Barber propuso un aumento del ancho hasta los 8 metros conforme a las carreteras de primer orden, decisión que el ingeniero justificó con el objeto de que dichas avenidas no resultasen más estrechas que el propio puente, el cual poseía 7 metros de ancho útil para el tránsito y 8,40 en total.

Dicho proyecto adicional se remitió el 9 de noviembre de 1906, obteniendo el beneplácito de la Superioridad el día 23 del mismo mes (AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/2766).Como se puede observar, será a partir de 1905 cuando las obras del puente adquieran cierto ritmo y regularidad en su ejecución aunque éstas sufrieron ligeros retrasos originados por los cuatro proyectos adicionales (1903, 1905, 1906 y 1908) que se unieron al redactado en 1898 por Sánchez-Gijón, así como por algunas variaciones de obra ocasionadas por deficiencias procedentes de los diseños de las barandillas proyectadas; bocetos que se corrigieron durante los meses de octubre y noviembre de 1906 en los talleres de la Felguera.

Con motivo de las muchas reformas y variaciones aprobadas durante estos años, el 6 de noviembre de 1907 la Sociedad Duro Felguera comunicó a la Dirección General de Obras Públicas que reduciría a 7 años (en lugar de los 9 acordados) el plazo de ejecución de las obras. Asimismo, se propusieron algunas obras accesorias, entre ellas cabe destacar la instala-

ción de una línea para el alumbrado eléctrico del puente dado que éste llevaba farolas y el municipio accedió a costear su fluido eléctrico. Finalizadas todas las obras en junio de 1908, durante los días 23 y 30 del mismo mes se verificaron las correspondientes pruebas de carga y resistencia y un profundo reconocimiento de toda la infraestructura, fijando el día 25 de octubre para el acto de bendición e inauguración del puente (AMTR. Caja 424. Expediente 29 y AMTR. Caja 1116).

El éxito y repercusión que alcanzó esta infraestructura metálica (figura 12) en el panorama nacional quedó refrendado en varios artículos de la prestigiosa publicación *Revista de Obras Públicas* (Anónimo 1908, 529–533 y Anónimo 1908, 543–547).El Puente de Hierro es un claro ejemplo de lo que supuso para Talavera de la Reina la aparición e influencia de una infraestructura de transporte en la morfología de la ciudad. La extraordinaria repercusión que tuvo la accesibilidad que proporcionaba a la ciudad esta construcción para el tráfico rodado, entre otras razones porque redundó y afianzó al municipio en la adquisición de una cierta centralidad económica con respecto al resto de la Comarca, representó el segundo gran estímulo, tras la llegada del ferrocarril, para el desarrollo de la economía urbana y la modernización urbanística de la ciudad. De igual modo, es preciso indicar que con el tiempo fue el móvil a través del cual se crearon nuevas áreas urbanas. Buen ejemplo de ello son los Barrios del Paredón y de Santa María, ubicados al Sur de la población. Pero su incidencia fue mucho más allá de la de mero revulsivo económico, es decir, a su función como elemento creador de nuevos espacios urbanos habría que sumar la de icono capaz de modificar el perfil y el paisaje de la ciudad (Díaz y Moraleda 1998, 108). Si durante siglos destacaron los grandes volúmenes pétreos de la Colegiata de Santa María la Mayor, el convento de Santa Catalina o el Puente Medieval a partir de 1908 se dibuja en el horizonte de la ribera del Tajo una nueva silueta, la del Puente de Hierro.



Figura 12
Panorámica del Puente de Hierro y Vega del Tajo. (Autor de la fotografía: ¿Juan Ruiz de Luna Rojas? 1917. AMTR)

Lista de referencias

ACOPCLM. (Archivo de la Consejería de Obras Públicas de Castilla-La Mancha).

AMTR. (Archivo Municipal de Talavera de la Reina). Caja 424. Correspondencia. Puente Metálico (1908).

AMTR. Caja 1116. Correspondencia. Puente Metálico (1908).

AMTR. Caja 4007. Proyecto de Ensanche de Talavera de la Reina (1945).

AGA. (Archivo General de la Administración). Fondo (4) 87. Legado 24/2764. Carretera de 3º orden de Los Navalmorales a Talavera de la Reina. Proyecto reformado del puente sobre el Tajo y sus avenidas (1908).

AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/2766. Carretera de 3º orden de Los Navalmorales a Talavera. Proyecto reformado del puente sobre el Tajo y sus avenidas (1906).

AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/2767. Proyecto de un puente metálico sobre el Tajo en la Carretera de 3º orden de Los Navalmorales a Talavera de la Reina (1897); Expediente informativo al proyecto aprobado del puente metálico sobre el río Tajo en Talavera para la Carretera de Los Navalmorales a Talavera (1899); Proyecto adicional del puente metálico sobre el río Tajo en la Carretera de Los Navalmorales a Talavera (1905).

AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/2768. Proyecto reformado de los estribos del puente sobre el Tajo en la Carretera de 3º orden de Los Navalmorales a Talavera (1903).

AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/4654. Liquidación de las obras del puente sobre el Tajo y sus avenidas en la Carretera de Los Navalmorales a Talavera (1912).

AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/4671. Los Navalmorales a Talavera de la Reina. Expediente de encauzamiento del Tajo y puente (1900); Carretera de Los Navalmorales a Talavera. Expediente de construcción del puente sobre el río Tajo (1904).

AGA. Fondo (4) 87. Legajo 24/4784. Carretera de Los Navalmorales a Talavera de la Reina. Expediente del puente sobre el río Tajo (1897).

Aguilar, Inmaculada (Dir.). 2005. Las vías de comunicación. En *100 elementos del paisaje valenciano. Las Obras Pú-*

blicas. 35–46. Valencia: Conselleriad'Infraestructures i Transports.

Anónimo. 1866. Puente de Prado sobre el río Pisuerga, en Valladolid. *Revista de Obras Públicas,* 14: 165–167.

Anónimo. 1891. Causas probables de la catástrofe de Mönchensteis. *Revista de Obras Públicas,* 15: 113–114.

Anónimo. 1908. Puente de Talavera. *Revista de Obras Públicas,* 1728: 529–533.

Anónimo. 1908. Puente de Talavera. *Revista de Obras Públicas,* 1729: 543–547.

Biel, María Pilar y José Luis Pano. 2006. Los puentes parabólicos de hierro y el ingeniero D. Joaquín de Pano y Ruata (1849–1919). *Artigrama*, 21: 543–575.

Díaz, Benito y Alberto Moraleda. 1998. El Puente de Hierro de Talavera de la Reina: una encrucijada de caminos. Noventa aniversario (1908–98). *Cuaderna*, 6: 96–123.

Machimbarrena, Vicente. 1927a. Puentes sobre el Tajo: provincia de Toledo desde Puente del Arzobispo a Talavera de la Reina. *Revista de Obras Públicas,* 2473: 105–109.

Machimbarrena, Vicente. 1927b. Puentes sobre el Tajo. *Revista de Obras Públicas,* 2490: 449–452.

Pacheco, César (Dir.). 2013. *Callejero histórico de Talavera de la Reina. Toponimia urbana y evolución histórica.* Talavera de la Reina: Colectivo Arrabal.

Sáenz, Amaya y Leonardo Fernández Troyano. 2011. Los puentes: materiales, estructuras y patrimonio. En *Técnica e ingeniería en España. Vol. 4.* 451–497. Zaragoza: Institución «Fernando el Católico».

El proceso constructivo en tierra en comunidades de ascendencia Indígena en zona fría

Karina Monteros Cueva
Katherine Soto Toledo

La parroquia rural de Chuquiribamba ubicada al Sur del Ecuador fue declarada como Patrimonio Cultural de la Nación en el año 2013, siendo uno de los factores influyentes para su declaratoria el mantener su arquitectura vernácula y saberes ancestrales vigentes como expresión de la identidad de una comunidad. El objetivo de esta investigación ha sido documentar el sistema constructivo de tierra predominante en este sector habitado por población de ascendencia indígena en donde las tradiciones heredadas han sido pasadas de generación en generación pero que abocan peligro de desaparecer debido a la incorporación de nuevos materiales y la acentuada migración de sus habitantes a la ciudad. La experiencia constructiva en cuanto a dosificaciones, tipo de materiales aditivos, tiempo, herramientas, forma de construir fue necesario documentar para su validación y continuidad en el tiempo. Para ello se trabajó en dos fases, la primera tuvo que ver con un proceso de entrevistas dirigidas a los constructores tradicionales de la zona, cuya experiencia se fue registrando por tipo de sistema constructivo a través de la elaboración de fichas. Luego una segunda fase denominada de campo en la cual se correlacionó esta información con los inmuebles inventariados como patrimoniales. Ello implicó sistematizar resultados, colocar un sistema de medición a los procesos y dosificaciones constructivas, graficar los detalles arquitectónicos e identificar las principales patologías que presentan. En función de esta información se obtuvo un catálogo constructivo de los tres sistemas predominantes en el sector: Adobe, tapial y bahareque así como recomendaciones generales utilizadas por sus habitantes para la consolidación de las principales lesiones que presenten en su estructura.

Antecedentes

Durante el siglo XIV y antes de la llegada de los Incas, la parroquia de Chuquiribamba estuvo habitada por grupos indígenas dispersos denominados Chucum-Bambas algunos originarios de sectores aledaños. El nombre de la parroquia es originario de dos vocablos quechuas: Chuquir y Bamba, los cuales aluden a dos elementos propios del sector; el primero, la planta denominada en quichua *Chuquir,* [Rhynchospera vulcania, arbusto gramíneo perenne, de la familia de las cyperaceas, propio de sitios cenagosos] y el segundo, el término *Bamba*, que en dialecto quichua significa extensión plana. (Jaramillo 1982, 10).

La parroquia inicialmente se fue consolidando como doctrina franciscana de la Santa Provincia de Quito de 1690 a 1775, posteriormente perteneció eclesiásticamente al Obispado de Cuenca hasta 1865 y finalmente al obispado de Loja desde 1865 hasta la fecha, sin embargo su fundación como parroquia civil desde el 27 de abril de 1911 (PDOT 2011, 6). Es decir su origen está ligado fuertemente a aspectos religiosos que hasta la fecha están arraigados en la población, pero también a procesos productivos agrícolas impuestos en la colonia a través de la consolidación

de las haciendas en donde la mano de obra indígena fue su principal soporte de trabajo y, a diferencia de lo que ocurrió en otras poblaciones, en este lugar los indígenas no fueron expulsados en la época de la República hacia las alturas inhóspitas, lo que permitió que la tierra esté dividida entre propietarios libres. (Monteros 2016, 80).

La parroquia se caracteriza por tener un clima meso térmico semi-húmedo con una temperatura media del aire de 11, 9º C y un promedio de lluvia anual de 1.160 mm, determinado por su altitud (2723 m.s.n.m) y la presencia de las cordilleras Santa Bárbara y Violetas ubicadas al este y oeste, que son los factores que inciden en su climatización fría a lo largo del año (PDOT 2014, 52). Lo cual va estar relacionado con aspectos sociales, económicos, constructivos y morfológicos del sitio que van a ser el resultado de herencias indígenas, creencias religiosas y factores climatológicos.

Chuquiribamba se ha convertido en lugar que sobresale por su fusión arquitectónica y cultural que permitieron ser valoradas bajo el criterio de autenticidad de acuerdo a la carta de Nara, por lo que su declaratoria como patrimonio está vigente desde el año 2013.

Arquitectura Vernácula

El Patrimonio Vernáculo o también conocido comúnmente como patrimonio tradicional, es expresión sobre la identidad de un pueblo. «Lo vernáculo no es un escenario de volúmenes pintados de añil, sino un complejo ignorado sistema socio-espacial-constructivo, que habita la memoria de los territorios» (Tillería 2010, 8) constituyen la forma espontánea de construir con los materiales del medio, mejorando el proceso constructivo de generación en generación a través de ensayo-error-corrección. Esta arquitectura viene ligada a aspectos climatológicos y antropológicos que pueden ser expuestos en la lectura de sus tipologías arquitectónicas.

También se define a esta arquitectura como la que refleja las tradiciones transmitidas de una generación a otra y que generalmente es producto de la población sin la intervención de técnicos o especialistas, siempre en respuesta a las condiciones de su contexto, buscando, a través de la sabiduría popular, sacar el mayor partido posible de los recursos naturales disponibles para maximizar la calidad y el confort de las personas.

Mario Camacho Cardona, define la *arquitectura vernácula* como «una expresión ingenua, espontanea o folklórica, dentro de caracteres tradicionales y muchas veces regionales. Incluye las realizaciones urbanas arquitectónicas y responde a las necesidades espaciales y a las actividades de las totalidades sociales, por lo que responde a un dialogo con el entorno y el contexto, (…) dentro de las técnicas tradicionales que permiten la autoconstrucción» (Camacho 2007, 790). Cristóbal Campana, se alinea en los criterios de Camacho cuando dice también llamarla «*arquitectura del lugar*, y…» trata sobre la edificación modesta, sencilla, fundamentalmente nativa del medio rural. (…); se le encuentra también en el entorno de zonas urbanas como transición entre la ciudad y el campo. Es un testimonio de la cultura popular, conserva materiales y sistemas constructivos regionales de gran adecuación al medio, por lo que constituye un patrimonio enorme y de vital importancia, que debe ser protegido y conservado. (Soto 2016, 189).

La arquitectura vernácula representa la forma de construir de cada pueblo, por ello es necesario realizar estudios que permitan su comprensión de manera particular, ya que existe escasa documentación sobre los saberes ancestrales constructivos en tierra debido a la poca importancia que se da a estos sistemas constructivos, a la falta de identificación con los mismos lo que ha traído como consecuencia que exista cada vez más, menos personal capacitado para el ejercicio de estas técnicas. Esta última condición impone la necesidad de identificar las tradiciones constructivas, particularmente aquellas que están en peligro de desaparecer como tradiciones vivas.

La arquitectura vernácula que presenta la parroquia está evidenciada en un 80% de sus construcciones tanto en el centro consolidado como en las zonas aledañas. Actualmente cuenta con 192 bienes inmuebles inventariados por el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC) de alto valor urbano y paisajístico por cumplir la escala de valoración en cuanto a: diversidad cultural y diversidad del patrimonio, identidad, respeto a la forma y diseño, homogeneidad de estilos y proporciones, respeto a los materiales, respeto al uso y función, respeto a la tradición, técnica y experiencia, autenticidad respecto al lugar y asentamiento, espíritu y sentimiento e integridad, determinados en la matriz de Nara.



Figura 1
Vista de un tramo urbano de la parroquia Chuquiribamba, Loja (Monteros & Soto, 2017)

El trazado urbano de Chuquiribamba se relaciona con el establecido en las Leyes de Indias, es decir vincula actividades comerciales y sociales a través de un sistema de vías que parten desde la plaza central, ubicada en la parte más alta del sector, las cuales rompen su continuidad cuando la topografía se lo impide. Frente a la plaza central, rodeada por viviendas con portalerías, está la iglesia matriz. Se puede decir que asentamiento es irregular marcado por las condiciones topográficas del sector. El crecimiento urbano no tiene un orden regulado ya que las casas se levantan mediante autoconstrucción siguiendo los patrones constructivos conocidos y que han sido heredados de generación en generación (Monteros 2016, 83), aún así, el coeficiente de ocupación del suelo es bajo pues va del 0% al 20,32%. En el área urbana existen varios lotes vacíos, aún se puede ver junto a las viviendas se observa sembríos y corrales para animales. (PDOT 2014, 206).

De acuerdo al censo 2010 la presencia de mestizos/a corresponde al 26,52 %. La menor presencia es de etnia indígena, negro/a y blanco/a. En la cabecera parroquial el mayor porcentaje de población es mestiza/o con un 97,9% y el menor porcentaje lo representa los Afro ecuatoriano/a Afro descendiente con 1%, existe población indígena en un 0,3%. (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural 2012, 50).

Más allá de documentar estos procesos constructivos la presente investigación pretende enfocar y subrayar la necesidad de una lectura detenida de las huellas que ha dejado el tiempo en cada uno de estos edificios, entenderlos como artefactos que surge de una cultura, unos conocimientos y unas formas de hacer a veces muy alejados de los actuales, e interpretarlos conforme a las claves que nos aporta cada época y lugar (Pinto 2012, 149) avocados a un peligro de desaparición por la falta de documentación y la falta de mano de obra calificada.

Metodología de la investigación

Para el presente estudio se trabajó en dos fases, usando para ello una metodología mixta.

1) Investigación cualitativa: para ello se desarrolló varias entrevistas con los habitantes de mayor edad en el sector y que han realizado procesos de autoconstrucción.
2) Investigación cuantitativa: En la cual se trabajó directamente sobre las viviendas seleccionadas para sistematizar resultados en cuanto a prevalencias de materiales, dimensiones, dosificaciones.

Con estos datos se procedió a detallar la información de manera de trasladar estos conocimientos empíricos a un conocimiento técnico descriptivo.

Se trabajó con la observación directa sobre los inmuebles y la aplicación de instrumentos y procesos como entrevistas, socialización con la comunidad y búsqueda bibliográfica. Este proceso incluyó el registro de fichas las cuales fueron contrastadas con las fichas oficiales del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural. Se complementó este registro con el uso de fotografía para documentar detallesy patologías persistentes en las edificaciones.

Así mismo las entrevistas fueron previamente estructuradas haciendo énfasis en preguntas relacionada al sistema constructivo, nombres específicos, medidas y tiempo usados en cada uno de los procesos de construcción, grabadas y registrados gráficamente el relato del proceso constructivo descrito. El guión de entrevista fue el siguiente:

1. ¿Cuántos años tiene, cuál es su principal actividad?
2. ¿Desde cuándo vive en la parroquia Chuquribamba?
3. ¿Usted construyó su vivienda?
4. ¿Ha participado en las «mingas construcitvas» de algún morador del sector?
5. ¿Cuántas personas trabajan en una «Minga» y para qué se usa tradicionalmente en el sector?
6. ¿Puede describir el proceso constructivo más usado en la zona? (relato del proceso) el entrevistador grafica sistemas constructivos.
7. ¿Cómo se realiza la dosificación de materiales de tierra para un muro?
8. ¿Cómo se realiza la dosificación para el empañetado de barro?
9. ¿Cómo se realizan los dinteles para la colocación de puertas y ventanas?
10. ¿Cuál es el procedimiento para techar la casa?
11. ¿Qué elementos y /o materiales se utilizan para que la tierra se proteja de humedad?
12. ¿Por qué las viviendas tienen tan baja altura?
13. ¿Las escaleras tienen mínimas dimensiones, cuál es la razón?
14. ¿Cuáles son los beneficios de usar ventana y contraventana?

En lo referente al proceso técnico fue importante la realización del levantamiento arquitectónico de viviendas detallando en fichas técnicas los principales daños que presenten en su estructura, como muestra y comparación de lo narrado respecto a lo ejecutado. Todo ello complementado con análisis de laboratorio para determinar la resistencia de cada material.

La tradición en el sistema constructivo en tierra

Muros

Los muros predominantes a base de tierra cruda son el adobe, tapia y el bahareque; y es precisamente el adobe el que históricamente registra mayor antigüedad, su origen se remonta al 8000 a.C. y fueron descubiertos en Jericó. En la civilización mesopotámica se utiliza el adobe en una serie de aplicaciones constructivas, que abarca desde murallas hasta los núcleos de los famosos Zigurat. En Latinoamérica, el adobe es utilizado desde épocas prehispánicas, y es así que en México se registra el Códice Florentino en donde hay una serie de figuras en las que se ve desde la hechura del adobe hasta su uso en la construcción. En el Ecuador los cronistas españoles narran al adobe como el sistema constructivo recomendado en las localidades de la Sierra: «Las casas de la ciudad de Cuenca son como las de Espania, edificadas con piedra y barro y adobes que se hacen en la tierra, no se hace de tapias, por no ser la tierra para ello. Aunque cal y ladrillo, no se edifica con ello, por ser costoso. Vanse cubriendo las casas de teja». (Soto 2016, 189).

Tapial: Las tapias de tierra son muros que se construyen con una mezcla de tierra que contenga arcillas, arenas y limos a los cuales se les adiciona algo de cal y cuyo procedimiento es similar a un colado de concreto (Prado 2009, 91). Es una tecnología de tradición reciente en nuestro país y fue incorporada a nuestro acervo por los conquistadores hispanos, al no ser una técnica propia tenía que ser aprendida a fuerza y sin el proceso lógico de una tradición nativa auto generada y comprendida, hubo quiénes aprendieron bien y otros que lo hicieron en menor grado.

Adobe: Es uno de los materiales de construcción más antiguos, tanto como el hombre mismo. Constituye una mezcla de barro con agua hasta formar una pasta manejable a la cual se le añaden refuerzos orgánicos como paja, pelo de animal o cualquier otro tipo de fibra animal o vegetal para darle cohesión (Prado 2007, 89). En algunas culturas latinoamericanas se añaden otros aditivos por lo general orgánicos para conseguir mayor consistencia como la sangre de res, la baba de penco, la clara de huevo (ibídem). En Latino América el origen del adobe se conoce que es incaico, enriquecido por la influencia colonial.

Bahareque: O bajareque es un sistema de construcción de viviendas a partir de palos entretejidos con cañas o carrizo mezclado con barro. Esta técnica ha sido utilizada desde épocas remotas para la construcción de vivienda en pueblos indígenas de América.

Se la conoce como técnica mixta, porque emplea, tierra, estructura de madera y otros materiales.

Recubrimientos y acabados.

Revoque de barro o empañetado: Camacho Cardona define al revoque como «... enlucido granular; puede ser a base de una mezcla de cal, sílice y arena, u otros materiales análogos para enlucir las paredes»; por otra parte, Minke menciona que «es difícil establecer cuáles deberían ser las proporciones ideales para un revoque de barro, ya que no solo influyen en las propiedades las proporciones de arena, limo y la arcilla, sino principalmente la granulometría de la arena, el contenido de agua, el tipo de arcilla, la forma de preparación, el tipo y la cantidad de los aditivos.» (Soto 2014, 200).

Para la colocación del revoque la superficie debe estar rugosa para conseguir una mejor adherencia, así como humedecer previamente el muro. El mortero en base de tierra y estiércol de caballo y agua debe ser lanzado con fuerza y con la ayuda del bailejo se lo va dispersando por la superficie, de manera que al final esta fina capa no llega más allá de un grosor de 2 a 3 tres centímetros.

Pisos de tierra: Son muy comunes en países en vías de desarrollo y en las viviendas rurales (Stultz y Mukerji 1997, 191), el procedimiento es muy sencillo y consiste en eliminar la capa vegetal y compactar con pisón la tierra a la cual se le puede añadir tierra arcillosa y algo de grava para conseguir mejor adherencia, esto en el mejor de los casos, si no se hace directamente el apisonamiento del terreno.

Cubierta: Es de teja sobre estructura que ha sido realizada en madera armada, para cubiertas de dos aguas. Se arman las tijeras de madera cuyas hojas se unen con tirantes que reposan sobre vigas soleras empotradas en la superficie superior de las paredes. Estas tijeras se unen en su vértice con vigas cumbreras, de esta forma constituyen el esqueleto de las dos vertientes del techo. Posteriormente se tiende sobre las tijeras una verdadera red formada por pares largos y delgados utilizando rollizos y armando un entrelazado de carrizo o quincha amarrada con bejuco sobre la cual se coloca mortero de barro para que se adhieran las tejas, las mismas que tienen una dimensión de

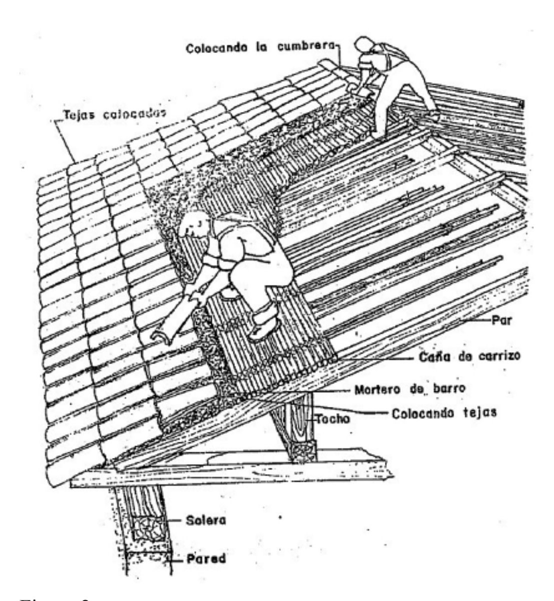


Figura 2
Proceso de armado de cubierta. Fuente: Sotomayor, M, (1995).

22 x 44 cm. Las tejas se las coloca desde abajo hacia arriba.

Para este proceso y según las narrativas de los constructores del sector, para el armado de la cubierta se trabaja en minga en donde acude la comunidad o vecinos a ayudar en el armado, se convierte esto en una fiesta al final en donde el anfitrión brinda comida típica y licor a la gente que colaboró.

Cielo raso: Usado en las habitaciones tiene un procedimiento análogo, solo que muchas veces en lugar del tejido de carrizos, se utiliza esteras de ese mismo material, empañetadas con paja picada y enlucidas luego, una vez que se ha secado, con el mismo barro molido diluido se enluce utilizando para ello una larga regla de madera pulida o una espátula de este mismo material, que los constructores de la época llamaban muñeca. A más de este procedimiento, utilizan entablado de madera para cielos rasos y aleros.

Carpinterías.

Piso y entrepiso: Son fabricados con tablas las cuales son clavadas sobre una estructura de madera. La dis-

tancia de separación es de aproximadamente 0.60 cm, pero a menor distancia se puede decir que el piso o entrepiso es más resistente, generalmente es en planta alta su uso o los lugares destinados a dormitorios. Para ello, se emplean vigas montadas sobre el cimiento que sirven de apoyo, con ello se consigue tener una cámara de aire como medida para aislar del contacto con la tierra y humedad para de esta manera evitar que las vigas se pudran. Se colocan vigas de mayor sección en un sentido y luego las viguetas (de menor sección) en el otro, para luego clavar las tablas.

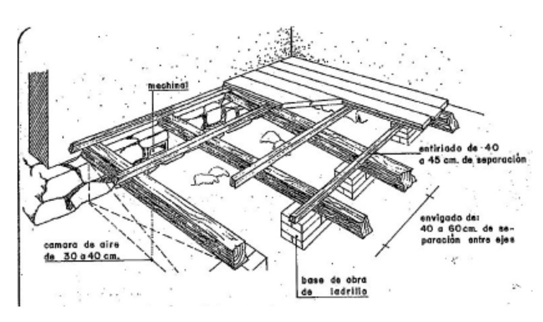


Figura 3
Armado de entablado. Fuente: Sotomayor, M (1995)

Pervivencia, permanencia y adaptación del sistema constructivo en tierra

Proceso de elaboración del tapial.

Se elabora una cimbra de madera o cajón, en algunos lugares le llaman «encofrado[1]» cuyo tamaño varía, pero generalmente tiene la altura de una vara (0.84 cm), aunque la experiencia del constructor determina hasta la altura del pecho, no debe ser demasiado alto, mientras que de largo tiene vara y media (1.26 cm) y de ancho dos cuartas (más o menos 50 cm), espacio suficiente para que un ser humano pueda ubicarse entre las dos caras del cajón para apisonar.

Para iniciar la construcción se requiere previamente el cimiento de piedra y su respectivo sobre cimiento de al menos 0,50 cm bajo la tierra y del mismo espesor del muro. Ya que la eficacia de la construcción en tapial depende del aislamiento de la humedad que se la consigue con la construcción del cimiento, cabe indicar que el trabajo siempre debe empezar por las esquinas.

En el encofrado se coloca el mortero de tierra y agua y se la va compactando con el piso por capas, 20 paladas corresponde a una capa[2]. La persona que apisona la tierra está parada sobre los bordes del encofrado y golpea periódicamente la superficie de tierra, primero en los bordes y luego en el centro. Se termina de apisonar cuando el sonido ya no es hueco. Una vez que se ha secado o haya pasado una semana se puede retirar el cajón, para ello se cubre con tejas, o plástico para proteger el muro de la lluvia. De esta manera se va construyendo por secciones. Tratando de que el segundo nivel vaya intercalado de manera que las juntas o uniones no coincidan para de esta manera dar mayor estabilidad a la construcción.

Es importante indicar que cuando se requieren vanos para puertas o ventanas se colocan dentro del encofrado tablas adicionales que van dejando definidos estos espacios formando el umbral. Los vanos se hacen a una distancia de al menos 50 cm de la esquina o de separación entre vano y vano para darle mayor estabilidad a la edificación. Generalmente no es necesario tratar la superficie, solamente resanar algunas fisuras y huecos causados debido a la colocación de andamos o filos dañados.



Figura 4
Edificación construida con muros de tapial. Se puede apreciar los vanos de los puntales que no coinciden de esta manera hay mayor estabilidad en la edificación. Chuquiribamba. Fuente: Monteros & Soto (2017)

Proceso de elaboración del adobe

Cerca del sitio de la construcción se excava, previamente se retira la capa vegetal que contiene materia vegetal y organismos vivos. Esta tierra se saca y se la cierne a través de un tamiz para quitar piedras o impurezas.

Luego, se amasa el lodo con la ayuda de bestias o con los pies del ser humano, batiendo hasta que la consistencia sea la deseada. A esta mezcla se le añade de paja[3] o estiércol de caballo. Luego se moldea a mano, usando moldes llamados adoberas de una dimensión de 40 x 20x 20 cm.



Figura 5
El sitio de extracción de la tierra es próximo a la edificación. En esta tarea trabaja el dueño de casa y sus familiares. Es común la ayuda de niños. Fuente: Monteros & Soto (2017)



Figura 6
Adobe de las dimensiones antes descritas. Corresponde a sobrantes de una típica construcción de Chuquiribamba. Fuente: Monteros & Soto (2017)



Figura 7
Proceso de secado del adobe, bajo cubierta. Fuente: Monteros & Soto (2017)

Una vez llena la adobera se enrasa con la ayuda de una tabla y se deja secar por unas dos horas o hasta que la mezcla esté lista para poder retirar el molde. La pieza se deja secar en un espacio cubierto para proteger a los adobes sobre todo de la lluvia que es abundante en este sector. Este proceso de secado dura de tres a cuatro semanas, dependiendo del clima y de la calidad de la tierra.

Los estabilizadores disponibles en la naturaleza más comúnmente usados en las construcciones de tierra son: La arcilla y arena, la paja y fibras de plantas, jugo de plantas (sabia, látex, aceites), cenizas de madera, excremento de animal, otros productos animales (sangre, pelo, cola, etc.) (Stulz y Mukerji 1995, 27). Estos elementos ayudan a tener una mejor cohesión y adherencia de materiales por ello es que la práctica de la gente del sector les indica que es el estiércol de caballo o paja (material que tienen a su alcance) el que les ayuda en este proceso.

Para empezar la construcción se trabaja con un cimiento de piedra sobre el cual se empieza a levantar las paredes de adobe, que al trabajar como estructura portante, el grosor de la pared dependerá del número de pisos que tendrá la vivienda. Generalmente son dos pisos, y se ha podido encontrar que las casas construidas en adobe combinan el uso de otros materiales en planta alta, usando el adobe en planta baja y bahareque en Planta alta, articulándose al adobe a



Figura 8
La estructura portante del adobe se complementa con la estructura de madera en pilares que descansan sobre una cimentación de piedra o madera, aunque en ocasiones los pilares lo hacen directamente sobre el nivel del piso. Fuente: Monteros & Soto (2017)

través de ensambles colocados en la solera perimetral que remata la pared de adobe.

Proceso de elaboración del bahareque

Inicialmente se realiza el cimiento el cual tiene poca profundidad, cerca de 50 cm, posteriormente a ello y ya definida la planta de la vivienda se levanta la estructura de la misma con madera rolliza, o madera traída del cerro, colocando elementos verticales (de soporte) y horizontales.

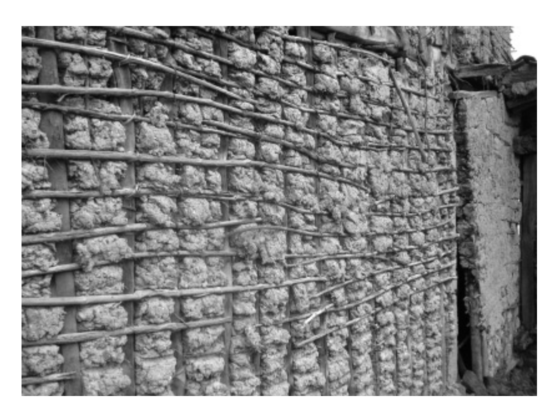


Figura 9
Armado de la Bahareque. Fuente: Monteros & Soto (2017)

Luego, con el carrizo se construye una especie de entramado o mampara. Es importante indicar que el carrizo es sujetado a la madera con bejuco que es una especie de liana que tiene rugosidad lo que permite que se pueda adherir fácilmente al mortero de barro y paja con la cual se va rellenado y revistiendo.

En Chuquiribamba al ser la técnica más antigua, la encontramos en la mayoría de las casas, en las afueras del centro consolidado y en algunos casos se las utiliza como elementos divisorios de ampliación en planta alta. Como la generalidad de las viviendas tiene la misma tipología, el procedimiento de portales y cubierta es el mismo que en los dos sistemas tradicionales anteriormente descritos.

Cubierta: Es de teja sobre una estructura que ha sido realizada en madera armada, sobre la que se ha colocado un tendido de listones rollizos, y quincha que con la ayuda de mortero de barro sirve de cama para la colocación de las tejas cuya dimensión es de 22 x 40 cm. Toda la estructura de cubierta descansa sobre piezas horizontales llamadas soleras, estas vigas presentan una sección de 25 x 25 cm.

La inclinación de las cubiertas realizadas en teja, oscila entre el 30% al 50%, solucionadas en faldas de 2 a 3 aguas, lo que permite una fácil evacuación de las aguas lluvias.

Revestimientos o revoques: Son realizados con un mortero en base de barro y paja y luego encalados.



Figura 10
Muro de Bahareque en el cual se aprecia el mortero de barro, el revestimiento que se está desprendiendo y la capa de pintura. Fuente: Monteros & Soto (2017)

Antiguamente se utilizaba pintura a base de tierra y pigmentos naturales tierra blanquecina bajada del cerro Sacama[4] lo que daba una coloración blanca a todas las viviendas. La inclusión de colores vivos que en la actualidad presenta las viviendas corresponde a modificaciones realizadas en la vivienda utilizando para ello látex que se encuentra en el comercio.

Pisos: En las viviendas fuera del centro consolidado y aún en algunas de ellas el piso en planta baja es de tierra compactada, en los lugares en los cuales se ha habilitado para comercio se ha utilizado mortero de cemento y baldosa y en el resto de la edificación y sobre todo en planta alta se utiliza tabla.

Gradas: Son realizadas en madera, debido a su reubicación en la mayoría de casos son de dimensiones muy angostas. Anteriormente las gradas estaban ubicadas en el patio posterior, en la actualidad casi todas las viviendas del centro consolidado tienen las gradas de la misma forma y ubicación es decir por una puerta de 0.70 cm que da a la calle y se accede a la planta alta.

Ventanas, contraventanas y puertas: Es evidente la diversidad de formas, mas no difiere el material siendo predominante la madera y solamente en las casas intervenidas se ha incluido el hierro.

Canecillos y balaustres: Es común ver el mismo tipo de canecillo y el mismo modelo de balaustre, ello se debe a que se usa el mismo molde con ligeras variaciones. Estos elementos son realizados en madera.



Figura 11
En la fotografía se distinguen las puertas originales (de mayor dimensión) y las puertas de acceso a planta alta de dimensiones más reducidas. Fuente: Monteros & Soto (2017)

Resultados

De los datos obtenidos y analizados obtenemos los siguientes resultados:

- Todas las narrativas constructivas tienen varias traducciones al momento de tecnificarlas teniendo diferentes variables que dependen de la poca mano de obra experta.
- En cuanto a las alturas, ellas dependen de quien construye, de ahí que no todas las viviendas presentaron estandarizaciones constructivas, aunque mantienen cierta homogeneidad.
- Todos los casos analizados presentan daños leves y moderados, como grietas, desprendimientos, presencia de humedad en sus muros de tierra expuestos a continuación:
- Se ven afectados en un 100% por lesiones físicas: humedad, suciedad y erosión y lesiones mecánicas: fisuras y desprendimientos; estas últimas por razones de incompatibilidad de los morteros de cemento con la tierra.
- La composición granulométrica de los muros de adobe, tapial y bahareque está determinado en un 70,76% de componentes con un diámetro mayor a 9mm consideradas rocas.
- El porcentaje de humedad de cada una de las muestras no supera el 45%, por lo que en caso de realizar la restauración de los muros de las edificaciones estudiadas no hay riesgo de colapso.
- La composición física del material, así como su antigüedad determinaron que el adobe presenta una resistencia máxima a la compresión simple de 8.17Kg/cm^2 cuando lo de un adobe mejorado alcanza un mínimo de 10Kg/cm^2. Del tapial y el bahareque no se obtuvieron resultados debido a la complejidad para extracción de muestras y las pocas que se obtuvieron se deformaron al momento de moldearlas para la prueba de ensayo.
- El adobe es el material cuyo comportamiento térmico alcanza cerca de 22°C interna y externamente y se considera el grado más elevado con respecto al tapial y el bahareque.

Conclusiones

La aplicación de una metodología cualitativa y cuantitativa de los sistemas constructivos permitió trasladar los conocimientos constructivos a una escala técnica, material y métrica. El registro de adobones, uniones, tipos de ensambles, sistemas de superposición de hiladas, dimensiones ha permitido una aproximación a la comprensión de esta arquitectura vernácula, sin embargo será necesario completar estudios de caracterización de materiales encaminados a procesos químicos y compositivos, para poder plantear procedimientos adecuados para su intervención.

En Chuquiribamba la tipología arquitectónica es variable y presenta dos más relevantes, una planta con portal y sin portal y dos plantas con portal, soportal o con ausencia de ellos. Los materiales usados en su construcción son: muros de adobe y tapial, portales y soportales con pilares de madera, pisos y entrepisos de madera, balcones, puertas y ventanas de madera, cubiertas con estructura de manera recubiertas de teja artesanal, aleros y canecillos de madera. Debido a ello, los tramos de viviendas presentan homogeneidad no solo en el material sino también en su tipología arquitectónica.

Varios aspectos constructivos como la baja altura entre piso y cielo raso, y estrechez de puertas, zaguanes y escaleras responden a herencias indígenas que generalmente fueron de baja altura, más un sistema de medición tradicional basado en varas, brazos, dio lugar a constantes constructivas, pero irregularidad en medidas.

El sistema constructivo de tierra es el idóneo para a un clima frío presente casi todo el año en la parroquia lo que permite tener al interior de las viviendas una aclimatación natural.

Es necesario documentar, y promover acciones encaminadas a la difusión de los procesos constructivos tradicionales como parte del rescate de saberes ancestrales promovido como política pública en Ecuador a través del Plan Nacional del Buen Vivir.

Notas

1. El encofrado está compuesto por dos tablas paralelas separadas y unidas por un travesaño (Minke, pág. 60)
2. Descripción del Sr. Manuel Anguisaca, antiguo constructor de Chuquiribamba.
3. La paja debe ser cortada a una longitud no mayor a 6 cm y mezcladas completamente con la tierra para evitar la formación de nidos. Además no se debe colocar mucho de este material porque tiende a debilitar el adobe. La proporción es del 4% por volumen de tierra. (Stultz y Mukerji, pág. 28)
4. Cerro del sector.

Lista de referencias

– 2014. Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Chuquiribamba. Gobierno Autónomo Descentralizado de Chuquiribamba.

Camacho, M. 2007. *Diccionario De Arquitectura y urbanismo*. México, D.F.: Trillas.

Campana, C. 2000. *Tecnologías constructivas de tierra en la costa norte prehispánica*. Instituto Nacional de Cultura - La Libertad. Trujillo: a&b editores s.a.,

– 2012. Expediente técnico para la declaratoria de la cabecera parroquial de Chuquiribamba como Patrimonio Cultural de la Nación. Loja, Región 7: Instituto Nacional de Patrimonio Cultural.

Jaramillo, P. 1982. *Historia de Loja y su provincia.* Loja: H. Consejo Provincial de Loja.

Minke, G. 2005. *Manual de Construcción en Tierra.* Kassel, Alemania: Fin de Siglo.

Monteros, K. 2016. «El Patrimonio vernáculo edificado en poblaciones rurales con ascendencia indígena. La parroquia de Chuquiribamba, Loja-Ecuador». En *Apuntes,* 20 (1): 80–95. http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.apu29–1.pvep

Pinto, F. 2012. «Aportaciones al análisis constructivo de fábricas antiguas: La capilla de la Antigua de San Miguel en Morón (1538)». En *Revista Informes de la Construcción,* 65 (530): 163–174, abril-junio 2013. ISSN: 0020–0883 doi: 10.3989/ic.12.048

Prado, R. 2007. *Procedimientos de Restauración y Materiales.* México D.F.: Trillas.

Stultz, R y Mukerji, K 1997. *Materiales de Construcción apropiados.* Alemania: Stak Ediciones

Soto, K. 2016. *Adaptación morfológica y comportamiento de revoques para la restauración de muros de adobe en la ciudad de Loja, Ecuador*. Burgos: REHABEND 2016.

Soto, K. 2014. *Caracterización de revoques para la intervención en procesos de restauración de muros de tierra en la provincia de Loja, Ecuador*. Santander: rehabend 2014.

Sotomayor, M. 1995. *Proceso constructivo en tapial, cartilla para autoconstrucción.* Cuenca: Instituto de investigaciones de Ciencias Técnicas de la Universidad de Cuenca.

Tillería, G.J. 2010. «La arquitectura sin Arquitectos, algunas reflexiones sobre arquitectura vernácula». En *Revista AUS,* (8), España.

Historia, evolución constructiva y decoración del convento de San Antonio de Ávila

Raimundo Moreno Blanco

El convento de franciscanos descalzos es el situado más al este de los construidos en Ávila. Está emplazado extramuros, alejado, al final de la histórica alameda a que da nombre y, desde mediados del siglo XIX, junto a las vías férreas que unen Ávila con el norte y oeste peninsular. Con esta situación se seguía estrictamente la reforma de san Pedro de Alcántara en cuanto a lo que a ubicación de conventos se refiere, que insistía en la preferencia por las afueras de las localidades sin que esto empeciera el contacto con el pueblo ni su labor de predicación. De aquel primer edificio queda poco más que la iglesia, también en parte transformada, ya que casi la totalidad de las dependencias conventuales fueron derribadas y rehechas en el último cuarto del siglo pasado (figura 1).

Los primeros y más exactos datos de su fundación son los que recogió Cianca ([1595] 1993, 217–218) pocos años después de producirse. En origen la comunidad se instaló a pocos kilómetros de la ciudad, en La Serrada, en las casas que allí pertenecían a Rodrigo del Águila, mayordomo de la Emperatriz doña María, caballero de Santiago, regidor de Madrid y, para lo que aquí importa, fundador del convento junto a su esposa María de Tapia. En aquella localidad permanecerían los franciscanos durante unos años en espera de trasladarse a la ciudad, en el mismo edificio que años después albergaría a los jerónimos por la herencia recibida junto al resto del mayorazgo de los Águila.

Se ha mantenido que los descalzos llegaron a la ciudad en solemne procesión desde La Serrada en 1583, no obstante, se ha de tener en cuenta que años antes se adelantarían algunos hermanos para quedar al cuidado del solar y de las obras previas. Así, Cianca, testigo de los hechos, apunta que los primeros frailes se habrían instalado de forma provisional en la casa de una huerta comprada por el fundador, que posteriormente quedaría incluida en el perímetro definitivo del convento. Como es lógico, Rodrigo del Águila había iniciado las gestiones para la dotación unos años antes de la llegada de la comunidad. De hecho Sánchez (1995, 2: 709–713; 1997, 18) recoge como fecha de la fundación el 28 de febrero de 1576, para situar un año más tarde la llegada de aquellos primeros frailes.[1]

Las condiciones para la construcción de la iglesia y monasterio datan del 27 de febrero de 1579 y se firmaron con Pedro de Tolosa (López 1982, 367), quien fuera aparejador de Juan Bautista de Toledo y Juan de Herrera en El Escorial, quedando al cargo de las obras los canteros Miguel Sánchez y Francisco Martín y los carpinteros Cristóbal Martín y Alonso Gutiérrez. Sin que se haya agotado el tema, se sabe que Tolosa trabajó en Ávila desde 1558, año en que dio trazas para las caballerizas del palacete que entonces se hacía Enrique Dávila, en el que es probable que interviniese en más obras. Su contacto con Rodrigo del Águila, fundador del convento de San Antonio, pudo provenir del hecho de que Tolosa se casó en segundas nupcias en 1574 con Magdalena de Pineda Rengifo, hija de su mayordomo (Ruiz-Ayúcar 2012, 240–241).



Figura 1
Vista del convento desde el Oeste (Sánchez 1997)

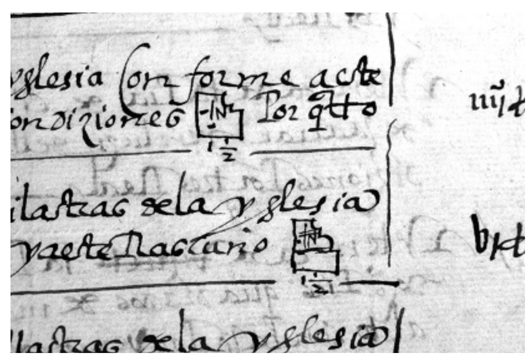


Figura 2
Secciones del zócalo –dibujo superior- y basas –inferior- Pedro de Tolosa. Archivo Histórico Provincial de Ávila: Protocolo 109, folio 368vº

Sabemos por el contrato conservado que Tolosa, además de redactar las condiciones, había dibujado «plantas y monteas» de todo el monasterio, y que habían de ser singularmente completas y detalladas dado que en el escrito no se alude a la disposición general, plantas de iglesia o convento, ni a alzados. Para ello se remite continuamente a los dibujos, incluso para detalles secundarios como pudiera ser el capialzado de las ventanas. Únicamente insertó en las condiciones algunas pequeñas representaciones a mano alzada con detalles constructivos, basas de pilastras, capiteles, zócalos, aleros o entablamentos que se habían de realizar en piedra. El grueso del edificio se construyó con ladrillo y cajas de mampostería encintada, lo que facilitaría su deterioro y en parte motivó su sustitución. De sillería, aparte de los recercados de vanos y elementos conocidos en la iglesia, sólo se dispondrían el antepecho y columnas del claustro. El campanario –probablemente una espadaña- se situaba en la esquina suroccidental del templo, a plomo de la puerta que daba acceso al coro desde el convento (figura 2).

El templo resultante muestra el feliz encuentro entre las directrices alcantarinas –austeridad en la construcción y uso de materiales pobres- y el quehacer de Tolosa, experimentado en las sequedades compositivas escurialenses al tiempo que gran dominador de la estereotomía. Presentaba la iglesia planta basilical de una sola nave articulada en tres tramos, más cortos los occidentales y mayor el contiguo a la cabecera que cerraría en testero recto –recuérdese que el crucero y el actual presbiterio son añadidos de mediados del siglo XX–. Por tanto, en su traza original, presentaría unas proporciones bien distintas de las actuales y donde la presencia de un profundo coro sobre arco carpanel marcaba la fisonomía de la nave, ocupando aproximadamente la mitad de su longitud y acentuando el carácter conventual (figura 3). Cubren los tramos tres bóvedas vaídas en caleña de notable aparejo y sustentadas por pilastras. Sus luquetes despiezan en hiladas cuadradas en los dos tramos occidentales –al modo de la gran bóveda de la cocina de El Escorial- y en círculo en torno a la clave para el oriental –de forma similar a la bóveda plana del sotocoro escurialense-. Cada una de ellas origina una pa-



Figura 3
Interior del templo

reja de tímpanos semicirculares bajo los formeros, decorados con pinturas de temas franciscanos de distintas cronología y fortuna. De ellos únicamente se rasgaron los de la bóveda mayor dando lugar a tímidos vanos termales (figura 4). Las claves repiten el modelo circular con decoración avenerada que en la ciudad se repiten en el sotocoro de Mosén Rubí o Las Gordillas. Emplea el orden dórico, tanto en las pilastras interiores como en las que ciñen la fachada, siguiendo una constante en su obra que ya ha sido apuntada por Gutiérrez (2009, 53). (figura 5)

En su traza la fachada es sobria hasta el extremo. Compuesta por un gran rectángulo organizado en dos alturas al que se superpone un frontón triangular rematado por bolas escurialenses y timbrado con el escudo de los Águila. Mitigan la austeridad la bicromía del granito y el ladrillo, y las grandes placas que este conforma, originando un sutil juego de luces y sombras en directa relación con la fachada del madrileño convento de las Descalzas Reales. En cada una de las alturas un vano adintelado: el inferior de acceso y rematado en una hornacina que acoge la imagen del titular bajo una cruz; el superior de iluminación. Fecha y atribuye la obra la inscripción que recorre la zona superior: ESTA IGLESIA Y CASA HIÇO DE SU PRINCIPIO DON RODRIGO DEL ÁGUILA […] AÑO DE 1583. De hecho, la obra se encontraba muy avanzada en enero de ese año, pues fue tasada por Tolosa y posteriormente encargada la culminación del frontón según la traza de Francisco Martín (López 1982, 370).[2] En abril de ese año, ya fallecido Tolosa, se contrató la realización de las bóvedas de la nave según un diseño que había elaborado anteriormente Tolosa (Ruiz-Ayúcar 2012, 241). Testimonio de esta segunda campaña son el tono más oscuro de los ladrillos que conforman el frontón y sus mayores dimensiones. Los muros perimetrales están compuestos en mampostería concertada y rematan en una cornisa de papo de paloma, habitual en la ciudad en el 1500.

A comienzos del siglo siguiente continuaban haciéndose algunas obras menores y de decoración interior. Entre las primeras, en 1601 se cerró el compás conventual mediante tapias de mampostería que se levantaron ante la fachada del templo.[3] Además, el mismo año se añadieron unas letrinas junto a un pasadizo diseñadas por el maestro Juan López de las que se ha conservado el diseño (figura 6).[4] En la cabecera original del templo, además de una desaparecida reja procedente de la catedral que cerraba el presbiterio, se colocó la sepultura de los fundadores, en la que se leía la siguiente inscripción: «Aquí yace don Rodrigo del Águila, del hábito de Santiago y mayordomo de la emperatriz doña María, y su mujer doña María de Tapia, fundadores de esta casa. Haya Dios misericordia de sus almas. Amén. Año de 1608» (Fernández [1676] 1992, 68–69). Rodrigo del Águila murió en 1606 sin descendencia directa, pasando el mayorazgo familiar a los jerónimos. Esta circunstancia motivó que San Antonio quedase pronto sin un patronato efectivo y a expensas de la protección de otras familias abulenses. Resultado del consiguiente cambio de mecenas son los cuatro escudos no pertenecientes a los Águila que hoy timbran



Figura 4
Bóvedas vaídas

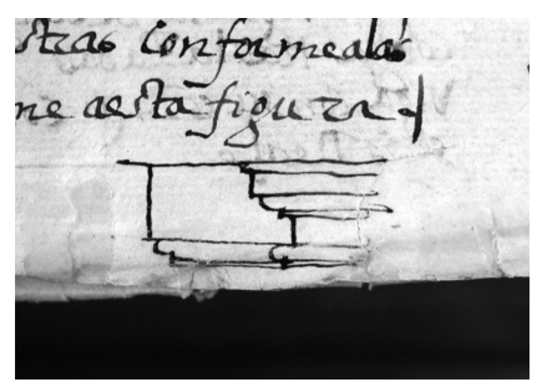


Figura 5
Diseño esquemático de los capiteles. Pedro de Tolosa. AHPAV: Protocolo 109, folio 368vº

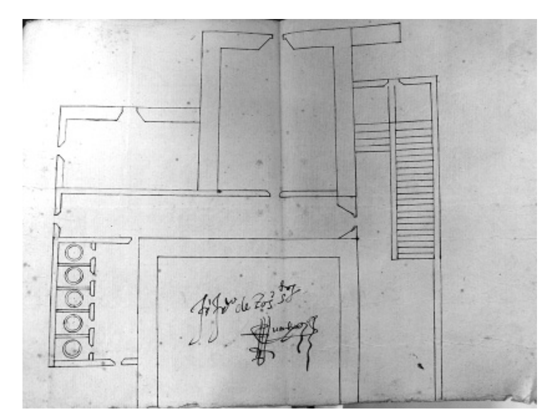


Figura 6
Traza de las nuevas letrinas. Juan López. AHPAV: Protocolo 583, folio 1934

los ángulos de la mayor de las bóvedas vaídas. Por ello se fueron sucediendo durante el siglo XVII los donativos en forma de piezas artísticas de distintas familias que contribuyeron al ornato de la iglesia. Entre ellos constan los siguientes: en 1609 Juan Elizalde, Corregidor de la ciudad, regaló una imagen de san José con el niño de la mano destinada al primer altar mayor; Inés Dávila, Luisa de Guillamas y Antonia de Guillamas pagaron una imagen de san Antonio para el mismo lugar; Antonio Calderón costeó un altar desaparecido dedicado a la Asunción; en 1617 Juana Cimbrón una custodia para el altar mayor de Nuestra Señora y en 1623 Sebastián de Guillamas distintas ropas litúrgicas. Ese año los frailes compraron un cuadro de san Pedro de Alcántara y otro de san Pascual Bailón y hacia 1672 Juan del Río, racionero de la catedral, regaló algunos otros de tema desconocido (Sánchez 1997, 28 y 30).

En el siguiente siglo se realizaron sucesivamente dos retablos de muy diferente entidad para el altar mayor. El primero fue encargado en 1722 y estaba presidido por la imagen de la virgen de la Portería. Sus pequeñas dimensiones quedan reflejadas en el *Libro de la fundación*, donde se hace referencia a él como el *retablillo nuevo* y se especificaba que no habría de ser costoso; asimismo se colocaría en él la imagen de la titular en julio de 1724. Se ajustó su factura con Marcos Tejada siendo posteriormente dorado (Verdú 1987, 17). Bien distinto es el que aún preside el templo cubriendo por completo el actual testero, que repite las dimensiones del anterior. Su factura hay que relacionarla con un primer momento de auge en la devoción por la imagen de la Portería, lo que conllevó la ejecución de otras obras de renovación del templo como blanqueos, sustitución de lápidas o decoración del coro. En 1718–19 se habían cambiado los retablos colaterales de la Concepción y San Pedro de Alcántara, dorándolos, estofándose la imagen del segundo y asentando en ellos unas láminas compradas en San Diego de Valladolid (Sánchez 1997, 40, 57–58 y 62–64). Se encargó de su realización Domingo Mariño, asistido por Ignacio López a partir de 1747 (Vázquez 1991, 90–91). Se trata de un retablo barroco, retardatario en su estructura y decoración, dedicado a la exaltación de la orden franciscana a través de las figuras de sus santos, quienes se distribuyen por los tres cuerpos y cinco calles. Lo preside el titular desde la hornacina central, acompañado por las tallas de san Buenaventura y san Jaime de la Marca. Tras asentarse el retablo se encargó pintar un apostolado para el coro y un cuadro de la Virgen para la puerta de acceso a la iglesia, hoy sustituido por la imagen del titular. Rebasada la mitad de siglo se doró el retablo de san Antonio y se estofaron las imágenes de san José y san Francisco de la capilla de la Portería, al tiempo que se encargó a Carlos Casanova, pintor de corte, el cuadro con el tema de Nuestra Señora de la Corona para el que la reina Isabel de Farnesio regaló una cortina de tisú (Sánchez 1997, 63–64). Completan el ornato interior una pareja de retablillos de traza barroca a los lados del crucero con imágenes de san Pedro de Alcántara. Además, en el brazo septentrional, una talla de san Francisco de mano de Aniceto Marinas (1936) y en el meridional un Jesús de Medinaceli a cuyo culto contribuye una nutrida cofradía (Sánchez 1997, 98).

Como se ha adelantado más arriba, a mediados del siglo pasado (1957/58) se añadió el crucero y una nueva cabecera a fin de aumentar la capacidad de un templo que entonces se quedaba pequeño. Fue el promotor -en cuanto que inspirador de la obra- el padre Victoriano Rodríguez, quien la encargó al arquitecto Ricardo Salas Ortega (Sánchez 1997, 109–110). Con ello San Antonio se convirtió en una iglesia de cruz latina con crucero bien señalado en planta y someramente en altura. Su tramo central se cubre con una media naranja sobre pechinas decorada en 1990/91 con motivos de gusto naïf alusivos al incendio que por esas fechas afectó a la capilla de la Portería. Para

su construcción se reaprovecharon muros del antiguo convento excepto en el nuevo testero, que se alzó desde los cimientos. Al exterior lo añadido es bien patente, pues a la nave se yuxtapone una plomiza estructura enfoscada que dependiendo del punto de vista incluso compite con la ligereza de la capilla de la Portería. Al interior busca rimar con lo antecedente, si bien son patentes las estrecheces económicas en la elección de los materiales.

Las primitivas dependencias conventuales se articulaban en torno a un claustro al sur del templo, con el que se comunicaban por medio de un arco escarzano. Atendiendo a las noticias conocidas y a la inscripción de la fachada hubieron de realizarse en buena medida al tiempo que la iglesia, si bien continuamente fueron objeto de añadidos y reparaciones.[5] Se sabe que principalmente estaban construidas con ladrillo y cajones de mampostería a excepción del claustro, que sería de sillería a juzgar por los escasos restos de basas, fustes y capiteles –los hay toscanos y con zapatas- que se conservan en el jardín. Sus más antiguas construcciones son visibles desde el exterior, al este y norte de la iglesia, donde se agrupan algunos humildes edificios que aún conservan intacto el perfil abultado de sus llagueados. Al sur también quedan vestigios del arranque del primigenio muro perimetral y una portada alineada con la fachada, cuya moldura reproduce el diseño de las ventanas superiores del cuerpo de celdas del monasterio de Santa María de Gracia. En ambos casos se trata de modelos recurrentes en el barroco hispano, muy próximos a los que Pedro de Ribera empleó en los accesos laterales a la ermita madrileña de la Virgen del Puerto, aunque allí con mayor profusión decorativa.

Entre aquellas primitivas dependencias se contaban dos sencillas estancias de planta cuadrangular adosadas a la fachada principal: la capilla del Cristo y la antigua portería. La primera se adosaba a los muros de la capilla de Nuestra Señora de la Portería, por lo que sería de construcción posterior, aunque ya existía hacia 1731–33 (Sánchez 1997, 58). Al exterior su fachada estaba encalada y se accedía mediante un sencillo vano adintelado flanqueado por otros dos de iluminación. Sobre el acceso un azulejo talaverano con la representación de la Piedad (Veredas 1935, 163; Alcolea 1952, 138). Fue demolida en 1966. La antigua portería o «portería de afuera» se construyó igualmente adosada a la fachada principal, presidiendo también su ingreso un azulejo de Talavera. Fue derribada en 1935 (Sánchez 1997, 85).[6]

Como estas estancias, la mayor parte de las dependencias conventuales desaparecieron hace pocas décadas. Tras años de dificultades durante el convulso siglo XIX y la postguerra civil, el estado en que se encontraban era lamentable. Así las describía el superior José María Vidal en 1977: «El actual es un conglomerado de edificaciones, añadidas a través de cuatro siglos. Muchas partes están en ruinas. Personas que no lo conocían y lo veían desde el ferrocarril inmediato pensaban que estaba deshabitado y abandonado. Se pensó en la reforma del convento alcantarino como museo. Consultados varios arquitectos, se expresaron en el sentido que costaría más del doble que hacer uno nuevo habitable». Por ello se inició el derribo el 7 de septiembre de ese mismo año, para inmediatamente después procederse a la construcción de las nuevas dependencias siguiendo de nuevo un proyecto de R. Salas Ortega que se finalizaría dos años después (Sánchez 1997, 116–119). De forma general se respetaron la estructuración en torno a un reducido patio, los materiales y la organización de vanos, si bien se añadió una altura a cambio de ocupar una menor superficie hacia el costado meridional de la huerta.

Un último elemento de interés en las proximidades del convento lo constituye el jardín de San Antonio, que tal como detalla Nieto (2001, 33–52) fue el primero de la ciudad. Su nacimiento está íntimamente ligado al del cenobio ya que tal como relató Cianca ([1595] 1993, 217), fue costeado por el municipio para adornarlo y dotar de una buena salida a la ciudad por este costado, plantándose una alameda e instalándose unas bien labradas fuentes, en particular la de la Sierpe. Ésta fue realizada por el entallador Andrés López a partir de agosto de 1587 (López 1982, 370–371; AA. VV 1985, 116). La mejor descripción de su talla y estado original la ofrece Luis Ariz (1607, 56):

> …Estava en medio del camino y cerca del monasterio un peñasco muy grande, en el qual con mucho trabajo y particular ingenio se labró una gran sierpe tan natural que a la primera vista causa espanto porque se le dieron las (sic) colores y escamas al olio con mucho primor. Varrenóse este peñasco de parte a parte, de manera que las aguas de un estanque van por dentro della, y recogidas ensí las arroja con gran ímpetu por la boca, ojos y oydos, haciendo con ellas muy hermosos caños y arcos de agua que caen dentro de un ovado estanque, bien labrado,

> adonde está metida la sierpe, enrroscada la cola y pecho en alto, como que se baña. Siendo como es una de las curiosas fuentes artificiales que se saben en España y en quien los reyes pusieron los ojos quando entraron en esta su ciudad…

Los reyes a que alude son Felipe III y Margarita de Austria durante la visita que realizaron a la ciudad en 1600 (Fernández 1676, 69). En opinión de Muñoz (1998, 161), la Sierpe encuentra parangón en «…los extraños y fabulosos animales del Bosque Sagrado de Bomarzo (c. 1550–1580), labrados también, como jardinería pétrea en afloramientos rocosos».

La capilla de Nuestra Señora de la Portería

La historia y la arquitectura del convento de San Antonio están íntimamente ligadas a la devoción por la Virgen desde la segunda década del siglo XVIII. Según la leyenda ésta se apareció por esos años al hermano fray Luis de San José rescatándolo en la huerta del convento de las aguas procedentes de una crecida durante una tormenta que ha sido narrada de forma prolija (Martín 1872–1873, I: 522–523). En agradecimiento, el fraile encargó al pintor Salvador Santos Galván en 1718 un lienzo en que se representó a la Inmaculada, que al ser ubicada en la portería del convento tomó esa particular advocación. La imagen pronto atrajo la devoción de muchos abulenses que acudían a ella en demanda de ayuda y protección.

Gracias a una primera donación del marqués de la Solana para sufragar los gastos de la cimentación, se iniciaron las obras de construcción de la capilla en la primavera de 1727, quedando concluida en lo fundamental en abril de 1731. Le fue encargada la traza a Pedro de Ribera, Maestro Mayor de Obras y Fuentes de Madrid y uno de los más singulares arquitectos del tardobarroco hispano. Éste, amoldándose a las circunstancias del solar, dispuso una capilla centralizada conformada al interior mediante un hexágono, continuando así una tipología codificada casi un siglo antes por Borromini en S. Ivo alla Sapienza. En cada uno de sus lados se abren a modo de hornacinas espacios semicirculares –a excepción del poligonal de acceso- siendo el mayor y único que se marca al exterior el que acoge el altar principal, con lo que queda destacado como longitudinal el eje norte-sur. Como se aprecia en los dibujos de Moya Blanco (1928) se adosaban a los costados un almacén y la sacristía, ambos de planta rectangular.[7] La factura, colocación y dorado de los retablos se retrasó hasta octubre de 1733 (San Antonio 1739; Verdú 1987, 18–34; Casero 1995) (figura 7).

Al interior la capilla presenta una sucesión de cuerpos en altura de volumen decreciente donde como fruto maduro de su tiempo se alternarán las líneas curvas y rectas en pos del movimiento. Conforman el primero las aludidas hornacinas unidas por seis machones sobre los que recae el principal esfuerzo estructural. A partir de ellos se organiza asimismo el espacio pues su centro recoge los vértices del hexágono que configura la planta. Sobre cada uno, una pechina decorada con pinturas dedicadas a las mujeres veterotestamentarias prefiguración de la Virgen –Raquel, María, Rut, Judit, Abigail y Débora- dando paso a un potente anillo que marca la transición de lo poligonal a lo circular y aúna el espacio. Sobre él un tambor perforado, primer cuerpo de lu-

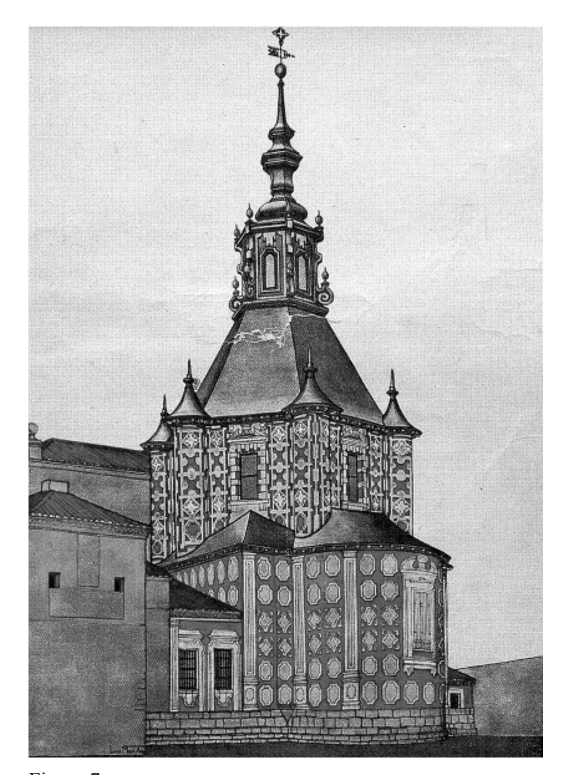


Figura 7
Capilla de Ntra. Sra. de la Portería (Moya 1928)

ces, en el que se alternan vanos adintelados enfilados con la clave de las hornacinas inferiores, pilastras fingidas y otra media docena de pinturas de tema mariano: nacimiento, presentación, anunciación, visitación a santa Isabel, purificación y coronación. Cubre la capilla una cúpula semiesférica encamonada a la que se superpone una esbelta linterna que actúa como segundo cuerpo de vanos.

Decora el altar mayor un retablo cóncavo ajustado a la planta de la hornacina. Se alza sobre un potente basamento al que se superpone el cuerpo principal, articulado en tres calles presidiendo la central la imagen de Santos Galván de Nuestra Señora de la Portería. A sus costados tallas de san Pascual Bailón y san Diego de Alcalá y bajo ella un tabernáculo en forma de templete circular. El ático, con forma de cascarón, se divide mediante nervaduras radiales convergentes en una cartela; en su centro dios padre con sus correspondientes rayos solares. Se sabe que fue dorado por Próspero Mortola en 1733 al igual que los laterales, si bien se desconoce el autor de todos ellos al igual que el de las pinturas de la capilla (Verdú 1987, 20–21). Los retablos laterales conforman pareja y al igual que el principal se adaptan al espacio que los alberga disponiendo sus calles y cuerpos con perfil cóncavo. Están presididos respectivamente por san José y santa Rosa de Viterbo flanqueados en las calles laterales por san Salvador de Horta y san Francisco de la Parrilla, y san Gonzalo García y el beato Antonio de Estronconio. En opinión de Verdú (1987, 29) algunos de sus elementos repiten modelos del primitivo retablo de la ermita de la Virgen de Puerto, trazado por Pedro de Ribera. Se completa la decoración de la capilla con diversas vidrieras dedicadas a las figuras de la Virgen y san Francisco, arañas, cornucopias, espejos, una pareja de puertas de nogal magníficamente talladas, una reja de hierro forjado en el acceso a la iglesia conventual, o escudos de los duques de Rioseco entre otras piezas. Dada la devoción que suscitó la imagen se multiplicaron desde la apertura de la capilla las piezas ofrecidas por particulares. Distintos historiadores han recogido listados más detallados en sus textos (Ballesteros 1896, 332; Gómez 1983, I: 211–212; Veredas 1935, 166).

El volumen exterior de la capilla desmiente el dinamismo de la planta. Como señalara Chueca (2001, II: 451) su perfil resulta de lo más pintoresco, con un tambor hexagonal reforzado por torrecillas ya ensayadas por su autor en la ermita de la Virgen del Puerto y que aquí ganan entidad al emerger de la cubierta central sus tejadillos troncocónicos; a ello se suma el perfil rococó de la linterna. Al tiempo es de destacar la decoración mural al exterior fingiendo despieces, vanos, tableros frontones y pilastras redescubierta por Moya Blanco tras el blanqueado que la cubría. Fue restaurado por última vez tras el incendio producido en la cúpula por la caída de un rayo en 1990 que afectó especialmente a las partes altas de la capilla.

El convento de San Antonio en el siglo XIX

Como sentenció Gaya Nuño en su ya clásico *La arquitectura española en sus monumentos desaparecidos*, con la llegada a España de los franceses a comienzos del siglo XIX asistimos a la solemne apertura de la afición a destrozar. No fue mucho el destrozo en el caso de San Antonio comparado con lo ocurrido en la ciudad en los casos de San Francisco, Sancti Spiritus, Santo Tomás o El Carmen, aunque no es menos cierto que tras su llegada el convento comenzó un declive en lo material que finalizaría con el derribo y reedificación antes vistos de las dependencias conventuales.

Tras el decreto de supresión de las comunidades religiosas dictado por José I, el 28 de agosto de 1809 la mayoría de los franciscanos abandonaron por primera vez el convento refugiándose en casas particulares. Únicamente dos frailes permanecieron en el cenobio junto a otros dos hermanos no sacerdotes, a los que se uniría un tercero en junio siguiente. Duró esta situación dos años, ya que en 1811 fueron expulsados los cinco, decidiendo alojarse en viviendas cercanas a la parroquia de San Vicente para desde allí poder atender en la medida de lo posible a la conservación del culto y la casa. Esto pudo realizarse ya que pese a haber sido expulsados no se les quitaron las llaves de la iglesia, de la capilla de la Portería ni de sus correspondientes sacristías. Incluso, un año más tarde según Sánchez Fuertes (1997, 65–66), las propias autoridades francesas les habrían devuelto todas las correspondientes al convento, encargándoles habitarlo de nuevo para que se recibiesen en él los cadáveres de los caídos en la guerra. Pese a que no se llegaron a usar, se pensó en emplear los corrales como cementerio municipal, para lo que incluso se bendijeron.

No obstante, Gutiérrez Robledo (1999, 82, nota 42) retrasa la devolución efectiva del convento por parte del Ayuntamiento hasta el 14 de mayo de 1814

basado en las Actas Municipales. Creo que confirma esto el que según la relación efectuada por Ignacio Garcimartín, Administrador General de Rentas el 22 de septiembre de 1813, «[San Antonio] …se halla útil, por no haverle desamparado dos religiosos que con ávito clerical han subsistido en él con orden del ilustrísimo señor obispo de esta ciudad como capellanes de Nuestra Señora de la Portería y siguen en dicho conbento con orden de la Junta Superior, pero no están entregados en las ropas de iglesia y demás efectos, pues estos están a cargo del Administrador». Incluso en enero de 1814 el propio Ayuntamiento elevó una petición al gobierno para que se reabriesen los conventos de Santo Tomás, Santa Teresa y San Antonio, debido a que la falta de sacerdotes unida a la exclaustración hacía que los ciudadanos no pudiesen cumplir con ciertos preceptos religiosos y educativos. Llegó la respuesta afirmativa a comienzos de mayo, tras lo que se produciría la reunión y posterior reapertura del estudio de Teología.[8]

San Antonio vivió un nuevo momento delicado durante el trienio constitucional, tras ordenarse el cierre de los conventos que no contasen con un mínimo de veinticuatro sacerdotes entre otras disposiciones. De nuevo se suprimió la casa el 30 de mayo de 1821, siendo abandonada el primero de julio. A consecuencia de esta supresión fueron secularizados 21 franciscanos descalzos, siendo su número el más alto entre las órdenes en la provincia. Se distribuyeron los objetos litúrgicos de mayor valor por las viviendas de vecinos de confianza y los frailes se dispersaron hasta el 5 de junio de 1823, fecha en que pudieron regresar (Sánchez 1997, 67).

Sin embargo, el periodo más duro sería sin duda el relacionado con la desamortización de Mendizábal. Prueba de ello es que en un primer momento, ante la obligada reunión de comunidades de la misma orden, se decidió juntar a los franciscanos abulenses en el convento de San Francisco, tal como lo fueron los carmelitas en el de La Santa. Para el caso de los franciscanos se justificaba la decisión por el mal estado y estrechez de las dependencias conventuales antonianas, que no serían capaces para albergar a las dos comunidades.[9] Frente a esto el Ayuntamiento de la capital era de opinión contraria debido a la gran devoción que se mantenía por la imagen de la Portería, por lo que declaró el Patronato Municipal salvándose con ello la iglesia y la capilla (Gutiérrez 1999, 82, nota 42; AA. VV 1986, 96).

En cualquier caso, con ello no se libró San Antonio del desalojo de la mayoría de sus 26 religiosos ni de la venta de sus bienes. Entre los artísticos salieron imágenes de la Virgen, el Salvador, san Pedro, san Pablo, san Lorenzo, san Juan Bautista, san Francisco, la Virgen y el Niño, san Sebastián, san Agustín, san Ambrosio y la Virgen, san José y el Niño (Gutiérrez 1999, 82–83). Entre los rústicos se enajenaron dos fincas de 74.200 m^2 por valor de 116.179 reales, lo que comparado con las cifras de otros abulenses muestra lo comedido de sus propiedades (Ruiz-Ayúcar 1990–1991, I: 45).

Del mismo modo en abril de 1844 Bernardo López solicitó al intendente de Bienes Nacionales que se tasase y subastase el convento de San Antonio, pues estaba interesado en adquirirlo. Se accedió a la petición aunque a condición de que se respetasen las posesiones pertenecientes al dueño de la capilla de Nuestra Señora de la Portería y las que se considerasen necesarias como viviendas de los capellanes que la custodiaban (Sánchez 1997, 71). Se subastaron solamente la huerta y el jardín, que finalmente fueron adquiridos por Antonio Zahonero de Robles por 102.044 reales (Ruiz-Ayúcar 1990–1991, I: 50).

Por último, salió de nuevo a subasta en 1848 con la siguiente descripción y condiciones:

> Edificio que fue convento de Franciscos Descalzos de la ciudad de Ávila, fuera de la población, excluyendo la iglesia, capilla, su sacristía, coro que pertenecen a patrimonio particular y el cuadro primitivo del convento donde deben quedar las habitaciones que ocupan los capellanes que cuidan el Santuario de Nuestra Señora de la Portería, cuya iglesia se haya abierta al culto, en virtud de lo dispuesto en Real Orden de 1º de abril de 1836. La parte vendible tiene de fachada principal 82 pies, la de oriente 92, la del norte que forma tres lados con dos ángulos entrantes 114. La medianería con el convento antiguo por la parte de crujías, corral y huerta, 125 pies, y esta parte del edificio da a la huerta y es la que comprende la sacristía con tres trasteras y la enfermería que tiene de sitio 3.939 pies cuadrados, de modo que la parte vendible comprende un área total de 12.569 pies cuadrados de superficie… habiendo sido tasado en 60.000 reales… (Ruiz-Ayúcar 1990–1991, I: 52).

Adviértase el estado en que debía encontrarse el edificio en esos años, teniendo en cuenta que la huerta y jardín, aún contando con las alzas de la puja, se remataron en casi el doble del valor en que se tasó el convento.

Por suerte para los franciscanos no fue adjudicado por diversos motivos, entre los que se han esgrimido las presiones del Ayuntamiento, las influencias en Madrid de la familia Aboín y fundamentalmente la reclamación del edificio por parte del obispado para ser empleado de nuevo como correccional de los sacerdotes de la Diócesis, a lo que se dedicaría en lo sucesivo (Sánchez 1997, 72–73).

Paralelamente se mantuvo el culto en la capilla de la Portería mediante la asistencia de un reducido grupo de religiosos como capellanes, dos cita Madoz ([1845–1850] 2000, 107) y uno Garcés (1863, 77–78), incluyendo el convento entre los suprimidos pero con su iglesia abierta. Años después Martín Carramolino (1872–1873, I: 523) pedía al nuevo dueño de la huerta que conservase la memoria, si quiera por medio de un simple encalado, de la antigua ermita emplazada en la tapia recordando la aparición de la Virgen de la Portería, que ya se estaba perdiendo entonces.

Tras las décadas bajo tutela del obispado, la vida conventual en San Antonio se retomó a finales de siglo, con la llegada a la casa de una comunidad procedente de la provincia de San Gregorio Magno de Filipinas. Comenzaron las gestiones y adquisición de nuevo mobiliario a mediados de 1895, para tomar posesión a principios del año siguiente, al tiempo que se recuperaba la propiedad de la huerta (Sánchez 1997, 78–79). A partir de ese momento conoció de nuevo buenos tiempos, especialmente desde mediados del siglo siguiente, en que consiguió un gran arraigo e identificación con la ciudad por medio de actividades asociativas y sociales entre las que se contaba un comedor para pobres en los duros años de la posguerra.

Notas

1. Como apunta el autor la más valiosa fuente de información sobre la historia del convento es la recopilación realizada en 1740 por el padre Pedro de la Asunción bajo el título *Libro de la fundación del convento*, conservada en el AHN (Archivo Histórico Nacional): Sección clero, legajo 562.
2. Probablemente el cambio de autor vino impuesto por el deteriorado estado de salud de Pedro de Tolosa, quien fallecería ese mismo año. Aun conociendo el contrato de obras citado, Muñoz (1992, nota 31) retrasa la factura de la iglesia hasta 1608–1610, relacionándola con Francisco de Mora y su intervención en el convento de San José. En este sentido recuérdense las palabras de Gómez (1983, I: 211): «La iglesia es pequeña y sencillísima, como exigía la severidad de la Regla, con pilastras, bóvedas baídas de piedra y coro a los pies sobre arco apainelado, todo como la capilla de San Segundo en la Catedral [de Francisco de Mora]».
3. AHPAV: Protocolo 583, folios 1570–1571.
4. AHPAV: Protocolo 583, folio 1934.
5. Son constantes las referencias a ellas durante los siglos XVII y XVIII en el *Libro de la fundación*, de donde han sido tomadas por Sánchez Fuertes (1997). En orden cronológico las más importantes fueron:
   – En 1651 se aprueba la construcción de una nueva biblioteca que sería demolida posteriormente para en su lugar levantar la enfermería. Conste que San Antonio fue centro de formación de la provincia franciscana de San Pablo, que en él hubo estudio de artes hasta la llegada de los franceses y que más tarde se intentaría retomar aunque sin demasiado éxito hacia 1944.
   – En 1659 se hicieron el cuarto nuevo del coro con ocho celdas (seis con vistas al oeste y dos al jardín), las oficinas del piso bajo, lavatorios, cocina, corredor y librería; las ventanas grandes de los dormitorios del piso bajo del claustro, enlucirlo y alargar el refectorio.
   – En 1673 se construyó una nueva enfermería orientada hacia el jardín con cinco habitaciones. Fue sufragado por el racionero Juan del Río, quien al tiempo pagó la ermita de la huerta.
   – En 1677 se levantó «un» portalillo a cuya construcción contribuyó la marquesa de Villaviciosa con dos columnas.
   – En 1718 se realizaron una cocina, una hospedería y una panera.
   – En 1729 se hizo un cuarto que se extendía desde la hospedería a la puerta de carros. En él se hicieron celdas cuyas ventanas abrían al corral, «secretas» y un corredor. Las antiguas «necesarias» se transformaron en la sacristía de la capilla de la Portería, al norte del templo.
   – Entre 1734 y 1737 se alzaron *a fundamentis* la sacristía, paneras, una caballeriza, un pajar, se amplió el refectorio.
   –En 1735 se encargó al padre Juan de la Resurrección la traza de una nueva enfermería y lugar común que dispondría donde mejor le pareciese.
   – En 1736 se realizaría un nuevo dormitorio para los estudiantes, pues el anterior se estaba hundiendo.
6. Al parecer se derribó «la entrada y sala de visitas adosada y saliente de la fachada y primitiva puerta del convento, que tiene marco de piedra, convirtiendo en sala de visitas la que seguramente fue en un principio y que entonces era una oscura y mal oliente escuela».
7. El almacén desapareció con la reforma de las dependencias conventuales del siglo pasado, quedando hoy

su espacio dedicado a pequeña capilla y confesionarios. Más empaque tenía la sacristía, reducida mezquinamente para utilizarla como pasillo de comunicación con el nuevo crucero de la iglesia. De su cierre escribía Moya: «…está cubierta con bóveda de espejo, cuya parte plana lleva una tracería algo parecida a otras de la América precolombiana (sic)».
8. AHN: Sección consejos, legajo 12038.
9. AHN: Sección consejos, legajo 12076.

Lista de referencias

AA. VV. 1985. *Documentos para la historia de Ávila*. Ávila: Centro Asociado de la UNED.

AA. VV. 1986. *La iglesia y convento de La Santa en Ávila*. Ávila: Institución Gran Duque de Alba.

Alcolea, Santiago. 1952. Ávila monumental. Ávila: Plus Ultra.

Ariz, Luis. 1607. *Historia de las grandezas de la ciudad de Ávila*. Alcalá de Henares.

Ballesteros, Emilio. 1896. *Estudio histórico de Ávila y su territorio*. Ávila: Tipografía de Manuel Sarachaga.

Casero, Martiniano. 1995. La capilla de Ntra. Sra. de la Portería, unida al convento e iglesia de San Antonio de Padua, en Ávila. En *Monjes y monasterios españoles: actas del simposium (1/5–IX-1995)*. 3 vols., I, 567–605.

Chueca, Fernando. 2001. *Historia de la arquitectura española*. 2 vols., Ávila: Fundación Cultural Sta. Teresa e Instituto de Arquitectura Juan de Herrera.

Cianca, Antonio de. [1595] 1993. *Historia de la vida, invención, milagros y traslación de San Segundo, primero obispo de Ávila*. Ávila, 217–218.

Fernández, Bartolomé. [1676] 1992. *Historia de San Vicente y grandezas de Ávila*. Ávila: Institución Gran Duque de Alba.

Garcés, Valeriano. 1863. *Guía histórico-estadístico-descriptiva de la M. N. y M. L. ciudad de Ávila y sus arrabales*. Ávila: Imprenta Abdón Santiuste.

Gómez, Manuel. 1983. *Catálogo monumental de la provincia de Ávila*. 3 vols., I. Ávila: Institución Gran Duque de Alba.

Gutiérrez, David. 2009. *Pedro de Tolosa, maestro de cantería del siglo XVI, en la Sierra de San Vicente (Toledo)*. Toledo: Ayuntamiento de Talavera de la Reina.

Gutiérrez, José Luis. 1999. Desamortización de obras de arte en la Provincia de Ávila. 1835. *Cuadernos abulenses*, 28: 51–96.

López, Mª Teresa. 1982. La construcción del convento de San Antonio en Ávila y las fuentes de su alameda. *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología,* 48: 367–372.

Madoz, Pascual. [1845–1850] 2000. *Diccionario geográficoestadísticohistórico de España*. Ed. facsímil, Valladolid: Ámbito.

Martín, Juan. 1872–1873. *Historia de Ávila, su provincia y obispado*. 3 vols. Madrid: Librería Española.

Moya, Luis. 1928. Capilla de Ntra. Señora de la Portería en Ávila. *Arquitectura Española,* 21, sin paginar.

Muñoz, José Manuel. 1992. El manierismo de la arquitectura española en los siglos XVI y XVII: la fase clasicista (1560–1630). *Cuadernos de arte e iconografía*, 5 (9): 111–134.

Muñoz, José Manuel. 1998. El urbanismo del Siglo de Oro en Ávila: la modernización de la ciudad medieval (1550–1560). *Butlletí de la Reial Academia Catalana de Belles Arts de Sant Jordi*, 12: 133–176.

Nieto, Sonsoles. 2001. *Paseos y jardines públicos de Ávila*. Ávila: Institución Gran Duque de Alba.

Ruiz-Ayúcar, Irene. 1990–1991. *El proceso desamortizador en la provincia de Ávila (1836–1883)*. 2 vols. Ávila: Institución Gran Duque de Alba.

Ruiz-Ayúcar, Mª Jesús. 2012. El legado de los deanes Medina. En *Institución Gran Duque de Alba 1962–2012. 50 Años de cultura abulense*, 229–241. Ávila: Institución Gran Duque de Alba.

San Antonio, Juan de. 1739. *Historia de la nueva, admirable y portentosa imagen de Nuestra Señora de la Portería de Ávila y de su fiel camarero Fray Luis de San Josef, dedicado al marqués de Almansa*. Salamanca: Imprenta de la Santa Cruz.

Sánchez, Cayetano. 1995. San Antonio de Ávila: ejemplo de convento alcantarino (1577–1896). En *Monjes y monasterios españoles: actas del simposium (1/5–IX-1995)*. 3 vols., II, 701–744. El Escorial: Real Centro Universitario El Escorial-María Cristina.

Sánchez, Cayetano. 1997. *El convento de San Antonio de Ávila y su capilla de Nuestra Señora de la Portería*. Ávila: Convento de San Antonio.

Vázquez, Francisco. 1991. I. Escultores, ensambladores, entalladores, maestros de cantería, etc. *Cuadernos Abulenses*, 16: 41–130.

Verdú, Matilde. 1987. La advocación de Nuestra Señora de la Portería y la capilla construida en su honor dentro del convento abulense de San Antonio. *Cuadernos Abulenses*, 8: 11–91.

Veredas, Antonio. 1935. Ávila de los caballeros. Ávila: Librería Medrano.

La normativa técnica y el coste derivado de su aplicación. Estudio del coste de construcción de la vivienda social tras la aplicación de nueva normativa técnica durante la segunda mitad del siglo XX en Barcelona

Roger Moreno Megias
Joan Lluís Zamora i Mestre

El objetivo principal es estudiar la relación entre la aplicación de nueva normativa técnica y la evolución de los costes de construcción de la vivienda social. Para conseguir este objetivo se ha realizado un trabajo sobre los costes de construcción de una muestra significativa de edificios construidos por el *Patronat Municipal de l'Habitatge de Barcelona* (ente público dependiente del Ayuntamiento de Barcelona destinado a la promoción y gestión de vivienda pública) (Domingo i Clota et al. 1999)(Sagarra i Trias et al. 2003)(Trilla i Bellart et al. 2006). Se ha correlacionado dicha serie de datos con la entrada en vigor de las distintas normativas técnicas de obligado cumplimiento en la ciudad de Barcelona desde finales de los años cuarenta del siglo XX hasta la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación en el año 2006.

Durante la segunda mitad del siglo XX todos los sistemas constructivos de los edificios de vivienda social (estructura, cerramientos, divisorias, instalaciones, etc.) han visto como se ha regulado mediante normas de obligado cumplimiento sus prestaciones mínimas. Su efecto práctico ha sido el aumento de calidad en las prestaciones del edificio (mejor aislamiento térmico y acústico, estructuras más duraderas y fiables, instalaciones eléctricas capaces de abastecer la potencia demandada por los nuevos electrodomésticos, instalaciones de gas más seguras, etc.)

Desde la estructura a las instalaciones, cada vez que ha entrado en vigor una nueva norma o reglamento de obligado cumplimiento, desde las Normas Básicas de la Edificación hasta el Código Técnico de la Edificación pasando por los distintos Reglamentos o instrucciones técnicas, ha traído asociada con dicha mejora de la calidad un aumento de costes.

Metodología

La muestra de obras y proyectos de estudio se ha seleccionado a partir de los edificios construidos en Barcelona por el Patronat Municipal de l'Habitatge de Barcelona (a partir de ahora PMHB). Los datos sobre los costes de dichas promociones se han obtenido del archivo del PMHB y se han contrastado con los obrantes en el Boletín Económico de la Construcción (a partir de ahora BEC) entre el año 1950 y 2010.

El PMHB es un ente público dependiente del Ayuntamiento de Barcelona destinado a la construcción y gestión de vivienda pública. Fue fundado en 1927 con el objetivo de construir diversas promociones de *casas baratas* y desde después de la guerra civil hasta la actualidad se ha dedicado a la promoción y gestión de promociones de vivienda social bajo varios nombres. El caso del PMHB es interesante porque desde los años cuarenta del siglo XX siempre ha construido viviendas para el mismo tipo de usuario permitiendo así identificar los momentos en los que se produce un cambio en la construcción y dispone de un archivo con la documentación de los edificios que han construido. Esta documentación incluye en muchos casos la memoria, el presupuesto y los pla-

nos. En la figura 1 se puede observar una imagen del conjunto *Torre Llobeta* (1946) publicada en la memoria anual de 1948 del *Instituto Municipal de la Vivienda* y en la figura 2 se puede observar una imagen del edificio en la calle *Concili de Trento* (2005) publicada en la memoria del ejercicio 2007 del PMHB (http://www.pmhb.org/)



Figura 1
Edificio Torre Llobeta (fuente: Memoria anual Instituto Municipal de la Vivienda).



Figura 2
Edificio Concili de Trento (fuente: Memoria anual PMHB).

El BEC es una revista de precios de la construcción editada desde los años cuarenta del siglo XX hasta la actualidad, que sigue editándose, donde se publican los precios de los principales materiales de construcción y define las calidades y niveles de equipamiento de diversos edificios tipo, entre ellos la «vivienda tipo económico» que se correspondería a la vivienda social. En la figura 3 se muestra un esquema del edificio tipo «casa de renta económica» publicado en el BEC del primer trimestre de 1959. En la figura 4 se muestra una portada del BEC y en la figura 5 una página interior con el desglose de precios. (http://becsl.es/)

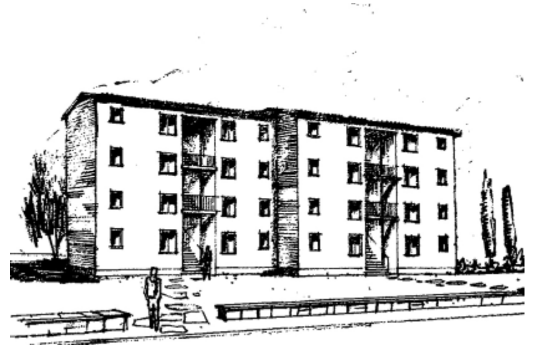


Figura 3
Imagen interior del BEC (fuente: BEC).

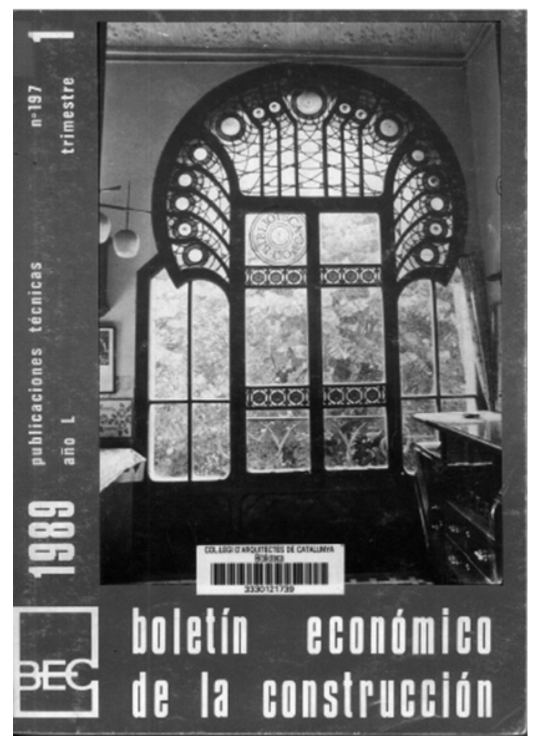


Figura 4
Portada del BEC (fuente: BEC).



Figura 5
Imagen de ejemplo del desglose de costes del PEM publicado en el BEC (fuente: BEC).

Para llegar a cumplir con el objetivo se ha analizado los costes de contrata de una muestra significativa de edificios de viviendas construidos por el PMHB (ver Tabla1: Promociones PMHB) y se ha comparado con los costes de construcción para «vivienda tipo económico» publicados en el BEC.

El BEC indica el Presupuesto de Ejecución Material (a partir de ahora PEM) por m2 para varios edificios tipo y desglosa en varios campos su valor (fontanería, instalación eléctrica, albañilería, etc.). En el PEM se valora los gastos directos (materiales, mano de obra, maquinaria), los gastos auxiliares (herramientas, protecciones, etc) y las subcontratas. En el PEM no se valoran impuestos, honorarios de los técnicos ni el beneficio industrial de la constructora.

Se ha realizado una secuencia con los valores obtenidos del BEC de cada 5 años de una hora de trabajo de peón, del PEM/m2, de la repercusión per metro cuadrado de las instalaciones eléctricas, de la repercusión per metro cuadrado de las instalaciones de fontanería y de la repercusión per metro cuadrado de la estructura sumada a la albañilería gruesa. Estos valores se han actualizado a enero de 2017 con el IPC para detectar cuando se han realizado una variación del coste de construcción no relacionada con la variación global del precio de los bienes de consumo.

TABLA1: PROMOCIONES PMHB		
año	promoción	€/m2 construido
		BEC (€)
1946	Torre Llobeta	-
1949	Can Peguera	-
1958	Bonsuccés	-
1959	Edificio J (Montbau)	6,98
1961	El Polvorí	6,86
1964	Wellington	10,76
1966	Paral·lel	12,04
1966	Edificio N (Montbau)	
1968	Almirall Cervera	14,57
1972	Bloc B (Canyelles)	19,52
1974	Bloc A (Canyelles)	42,58
1985	Can Ferrero	182,43
1996	Mecànica Foneria	333,93
1996	Passeig de l'Exposició	
1998	Segre 123	346,39
2001	Torre Baró-Martorelles	391,86
2004	Riera Alta	435,1
2005	Concili de Trento	469,43

Tabla 1
Relación de costes de construcción obtenidos de proyectos conservados en el archivo del PMHB y publicados en el BEC.

El coste de construcción de una vivienda depende principalmente del precio de los materiales y de la mano de obra. Cuando hay una variación substancial en el presupuesto que no se explica ni por el aumento del precio unitario de los materiales de construcción ni por el aumento del precio unitario de la mano de obra este aumento puede deberse a que se ha introducido una variación técnica en la manera de construir. Estos cambios muchas veces vienen derivados de la aparición de una nueva normativa que introduce la exigencia de nuevas prestaciones a la vivienda. Este estudio pretende evaluar las consecuencias de la im-

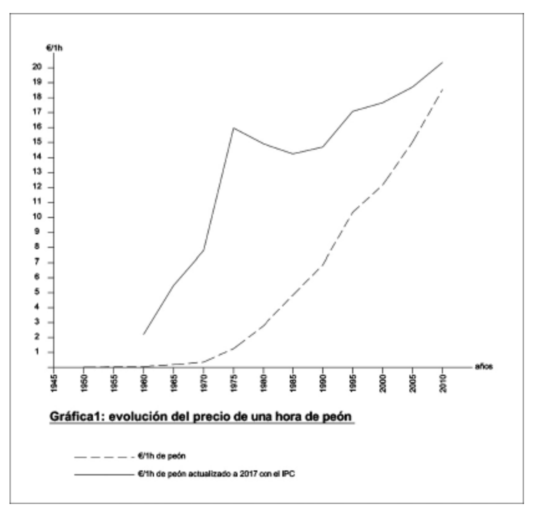
plantación de nuevas normativas técnicas de obligado cumplimiento sobre el coste de construcción de la vivienda social en Barcelona identificando los momentos en los que hay una variación importante del presupuesto y correlacionándolo con la entrada en vigor de nueva normativa.

En el coste de construcción de un edificio entran en juego muchas variables. El coste unitario de los materiales y la mano de obra son probablemente los más relevantes pero no se pueden obviar otros como el coste de la energía, el coste del transporte, etc. ni las particularidades de cada edificio.

Por otro lado el universo de la norma y el reglamento es un terreno caótico (Llorens y Ruiz 1994). Más allá de las normas más generales como las Normas Básicas a partir de los años setenta y el CTE en el 2006 que nacieron con la intención de poner un poco de orden hay gran cantidad de normas y reglamentos que regulan aspectos muy concretos y tienen capacidad para afectar campos ya regulados por otras normas. Sirva de ejemplo el Reglamento Regulador de las Infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones (2011) que regula la resistencia de la toma de tierra con un valor mucho más estricto que el REBT. También existen distintos niveles administrativos (municipal, autonómica, estatal) con capacidad para regular incluso sobre el mismo campo como por ejemplo es el caso del aprovechamiento de la energía solar que en la actualidad en la ciudad de Barcelona está regulado por Ordenanza Solar Térmica de la ciudad (1999), por el decreto de Ecoeficiència de la Generalitat de Catalunya (2006) y el Código Técnico de la Edificación (2006). Las tres normas están en vigor y con exigencias distintas. Es muy complicado tener en cuenta todas las normas y todas las implicaciones que estas conllevan.

Desarrollo

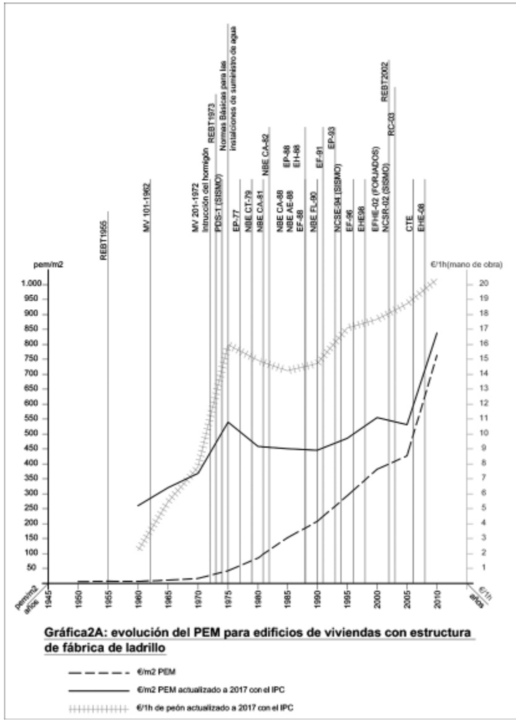
En la Gráfica 1 se presenta una secuencia temporal del valor de 1 hora de trabajo de un peón de la construcción obtenido del BEC y de esta misma hora de trabajo actualizada con el IPC al año 2017. Se puede observar que en el periodo hasta 1975 el precio de la mano de obra crece de manera muy pronunciada para posteriormente descender hasta el año 1985 y volver

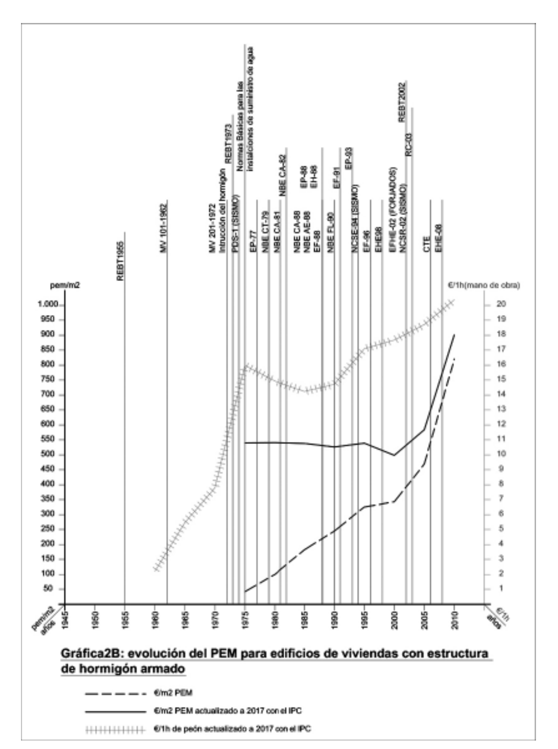


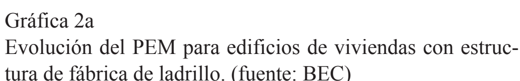
Gráfica 1
Evolución del precio de una hora de peón. (fuente: BEC)

a subir recuperando el poder adquisitivo a mediados de los noventa y seguir en ascenso pero de una manera menos pronunciada.

En las gráficas Gráfica 2a y Gráfica 2b se muestra la variación del PEM para edificios bien con estructura de fábrica de ladrillo cerámico o bien estructura de hormigón armado respectivamente y los mismos costes actualizados a enero de 2017 con el IPC. Sobre estas gráficas se ha superpuesto el calendario con las sucesivas implantaciones de normas de obligado cumplimiento y la evolución del coste del coste de una hora de peón actualizada a enero de 2017. En la Gráfica2a se observa como la evolución del PEM de los edificios con estructura de muros de fábrica de ladrillo sigue hasta el año 1985 la misma tendencia que la evolución del salario de la mano de obra. A partir de 1985 el salario de la mano de obra vuelve a crecer pero el PEM del edificio sigue en ligero descenso hasta la década de 1990. En el periodo de 1990 a 2000 tanto el salario de la mano de obra como el PEM aumentan pero con tendencias distintitas. En el periodo 2000–2005 el PEM del edificio disminuye mientras el salario de la mano de obra aumenta y por último en el periodo 2005–2010 el coste de construcción sufre un gran aumento. En el año 2006 entra en vigor el Código Técnico de la Edificación (a partir de ahora CTE) dotando las viviendas y los edificios nuevas exigencias y siendo más exigente con las existentes.





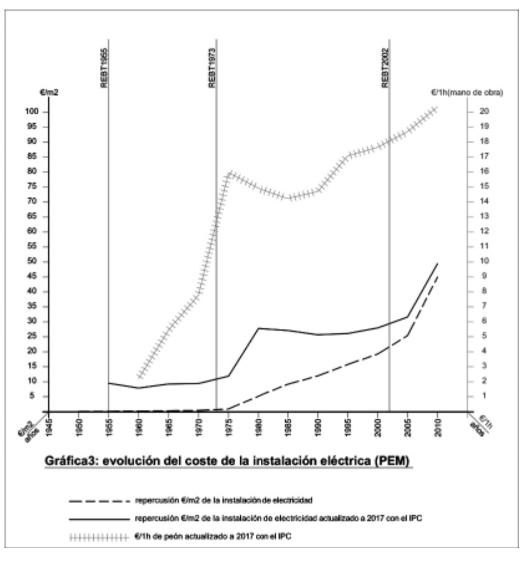

Gráfica 2a
Evolución del PEM para edificios de viviendas con estructura de fábrica de ladrillo. (fuente: BEC)

Gráfica 2b
Evolución del PEM para edificios con estructura de hormigón armado. (fuente: BEC)

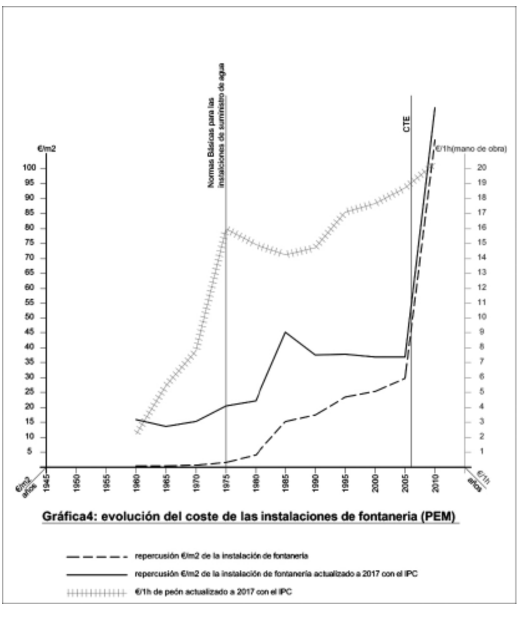
La Gráfica 2b muestra la tendencia del PEM en los edificios con estructura de hormigón armado a partir del año 1975. Se observa que la tendencia entre los edificios con estructura de muro de fábrica de ladrillo y estructura de hormigón armado es distinta. La obra de fábrica requiere de un uso más intensivo de la mano de obra y quizás por esta razón es más sensible al coste de la mano de obra. El PEM de los edificios con estructura de hormigón es estable en el periodo 1975–1995 mientras que el coste de la mano de obra no. En el periodo 1995–2000 el PEM disminuye mientras los salarios de la mano de obra aumentan y por último en el periodo 2000–2005 y 2005–2010 el PEM aumenta, de manera especialmente pronunciada en el periodo 2005–2010.

En la Gráfica 3 se muestra la repercusión por metro cuadrado del coste de la instalación eléctrica y este mismo coste actualizado a enero de 2017 con el IPC. Sobre la gráfica se ha superpuesto el coste de una hora de peón actualizado a 2017 con el IPC y el calendario de entrada en vigor de la normativa técnica de obligado cumplimiento. Se puede observar que la tendencia del coste de la mano de obra es completamente distinta a la del coste de la instalación eléctrica. La instalación eléctrica de una vivienda está regulada por, entre otros, el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (a partir de ahora REBT). El primer REBT es de 1955 y posteriormente se ha revisado en dos ocasiones: 1973 y 2002. En la Gráfica3 se puede observar de manera clara como en el momento en el que entra en vigor un nuevo REBT hay un aumento marcado del coste de la instalación y este se mantiene estable hasta la aprobación del siguiente REBT.

En la Gráfica 4 se analiza el coste de las instalaciones de fontanería (suministro de agua, gas i producción de ACS) y este mismo coste actualizado a enero de 2017 con el IPC. Sobre la gráfica se ha superpuesto el coste de una hora de peón actualizado a 2017 con el



Gráfica3
Evolución del coste de la instalación eléctrica (PEM). (fuente: BEC)

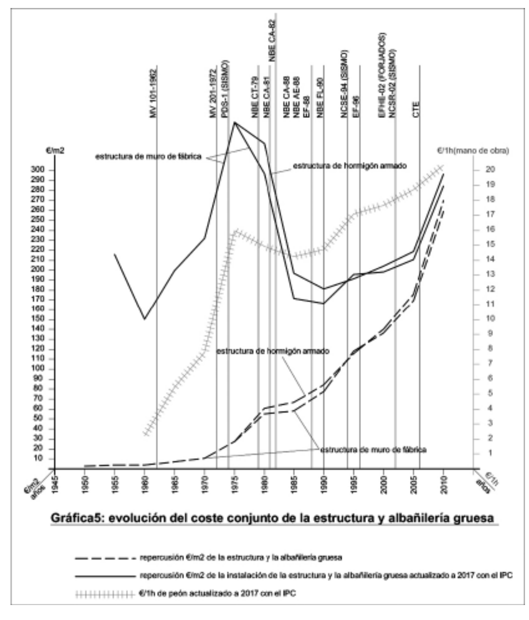


Gráfica4
Evolución del coste de la instalación de las instalaciones de fontanería (PEM). (fuente: BEC)

IPC y el calendario de entrada en vigor de la normativa técnica de obligado cumplimiento. Se puede observar un aumento notable en el periodo 1980–1985 en que casi se duplica el coste de la instalación. Este aumento es posterior a la entrada en vigor de la Norma Básica para las Instalaciones de Suministro de Agua en 1975. En el periodo 1985–1990 el coste desciende y el periodo 1990–2005 se mantiene estable. La ciudad de Barcelona aprueba su Ordenanza Solar Térmica en 1999 que se avanza al CTE (2006) en la instalación de captadores solares. Pese a que la Ordenanza Solar Térmica prácticamente obliga a instalar captadores solares en los edificios de nueva planta en la ciudad de Barcelona en los edificios tipo del BEC no se refleja su instalación hasta el periodo 2005–2010 cuando entra en vigor el CTE (2006) y donde se produce una gran subida del coste de la instalación en gran parte producida por la inclusión de sistemas de captación solar.

La Gráfica 5 muestra la evolución del coste de la estructura junto a la albañilería gruesa y este mismo coste actualizado a enero de 2017 con el IPC. Sobre la gráfica se ha superpuesto el coste de una hora de peón actualizado a 2017 con el IPC y el calendario de entrada en vigor de la normativa técnica de obligado cumplimiento. Se analiza de forma conjunta la estructura y la albañilería gruesa porque, primero, en los edificios con estructura de muros de fábrica de ladrillo muchas veces el mismo elemento tiene a la vez una función estructural como elemento resistente y otra función como divisoria o cerramiento. Y, segundo, los edificios con estructura de hormigón armado, hasta tiempos muy recientes, la división del espacio interior y los cerramientos también se construían de manera habitual con muros de fábrica de ladrillo cerámico. De esta manera se permite comparar la evolución de los costes con mayor facilidad. En el periodo 1960–1975 se aprecia un fuerte incremento del coste de la estructura. Este periodo está fuertemente marcado por el accidente del Hotel Taurus en Pineda (1962) donde la estructura de muros de fábrica de ladrillo colapso durante el proceso de construcción poniendo en evidencia que se estaba perdiendo el control de los límites del subsistema estructural de muros resistentes de obra de fábrica y la entrada en vigor de la norma MV-201–1972 Muros Resistentes de Fábrica de Ladrillo (1972) que obligaba a diseñar y calcular la estructura de manera distinta a como se hacía de manera habitual hasta ese momento (Mañá Reixac 1977)"author" : [{ "drop-

ping-particle" : "", "family" : "Ma\u00f1\u00e1 Reixac", "given" : "Fructuoso", "non-dropping-particle" : "", "parse-names" : false, "suffix" : "" }], "container-title" : "CAU : Construcci\u00f3n, Arquitectura, Urbanismo", "id" : "ITEM–1", "issue" : "41", "issued" : { "date-parts" : [["1977"]] }, "page" : "69–71", "title" : "Una muestra m\u00e1s de elitismo tecnol\u00f3gico", "type" : "article-journal" }, "uris" : ["http://www.mendeley.com/documents/?uuid=644fc213-deca-4a0a-930d-9bf6c616181d"] }], "mendeley" : { "formattedCitation" : "(Ma\u00f1\u00e1 Reixac 1977.
Estos hechos caracterizan un periodo de incertidumbre que terminará con la aparición de las Normas Básicas (a partir de 1975), la innovación y experimentación buscando nuevas soluciones técnicas y el desuso de las estructuras de muros resistentes de fábrica de ladrillo para edificios plurifamiliares. En el periodo 1975–1995 hay una fuerte caída del coste tanto en edificios con estructura de muros de fábrica de ladrillo como en los de estructura de hormigón armado coincidiendo con un descenso del coste de la mano de obra y posiblemente también debido una mejor gestión de los procesos obras.



Gráfica 5
Evolución del coste conjunto de la estructura y albañilería gruesa. (fuente: BEC)

En los años '70 del siglo XX se extendió ampliamente la idea de que los edificios con estructura de hormigón armado eran más baratos que los edificios con estructura de muro de fábrica de ladrillo. Esta afirmación no es cierta (Paricio 1977) si se tiene en cuenta la duplicidad de funciones de los muros de ladrillo (estructura y divisorias o cerramientos) y que en los edificios con estructura de hormigón armado la división del espacio interior y las fachadas se continúan construyendo con muros de ladrillo.

En el periodo 1995–2010 el coste de la estructura vuelve a subir especialmente en el periodo 2005–2010 cuando entra en vigor el CTE.

Epílogo

Posiblemente otras normativas urbanísticas o funcionales como la Plan General Metropolitano de Barcelona (1976) que prácticamente obliga a tener un aparcamiento en el sótano del propio edificio o la NBE CT–79 (1979) que obligaba a mejorar las condiciones interiores mediante aislamiento térmico y el CTE (2006) que aumentaba las prestaciones de confort interior también han implicado un aumento en el PEM de la vivienda aunque son aspectos a abordar en próximos estudios.

Conclusiones

La primera conclusión es que el coste de construcción de la vivienda social (ver Gráfica2a y Gráfica2b) no siempre ha subido a lo largo del periodo estudiado y que el ascenso del coste de la mano de obra no siempre ha significado un incremento en el coste del conjunto del edificio. En el periodo 1975–1980 el PEM ha descendido a la vez que también ha descendido el coste de la mano de obra pero no así en el periodo 1995–2000 cuando el coste de la mano de obra subía mientras que el PEM del edificio bajaba.

La segunda conclusión es que cuando no hay nueva normativa de obligado cumplimiento o simplemente hay revisiones de la existente sin grandes cambios el PEM es más estable como sucedió en el periodo 1980–1990

La tercera conclusión es que la normativa no afecta de igual manera a todos los subsistemas del edificio. A la vista de los resultados, las normativas orien-

tadas a las instalaciones del edificio tienen una influencia más directa (véase la Gráfica3 instalaciones eléctricas y la Gráfica4 instalaciones de fontanería) que otras como las que afectan a la estructura.

En el periodo 2005–2010 hay un aumento importante de los costes de construcción tanto el PEM global del edificio como en los distintos subsistemas constructivos analizados. Este aumento es coincidente con la entrada en vigor del CTE y la EHE08. Ambas normativas han añadido nuevos requerimientos a los edificios y endurecido las exigencias de los requerimientos.

Notas

Agradecemos la atención recibida por el PMHB y en especial el acceso al archivo del PMHB. Queremos agradecer especialmente la atención recibida por María Roncero, responsable del archivo del PMHB. Esta comunicación ha sido elaborada a partir del TFM del autor realizado en el marco del Máster de Tecnologia de la Arquitectura de la Universitat Politècnica de catalunya (UPC); ver https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/14154

Lista de Referencias

Mañá Reixac, F., 1977. Una muestra más de elitismo tecnológico. En: CAU : Construcción, Arquitectura, Urbanismo. no. 41, p. 69–71.

Paricio, I., 1977. Además de la Norma, las razones del desuso. En: CAU : Construcción, Arquitectura, Urbanismo. no. 41, p. 72–77.

Llorens, J.I. y Ruiz, B., 1994. La normativa imposible. En: Cuaderno de comunicaciones : 1er. Congreso Nacional de Tecnología en la Arquitectura. Madrid : ETSAM, p. 179–185.

Domingo i Clota, M. et al., 1999. Barcelona : les cases barates. Barcelona : Ajuntament de Barcelona, Patronat municipal de l'Habitatge. ISBN 847609891X.

Sagarra i Trias, F. et al., 2003. De les cases barates als grans polígons : el Patronat Municipal de l'Habitatge de Barcelona entre 1929 i 1979. Barcelona : Ajuntament de Barcelona. Patronat Municipal de l'Habitatge. ISBN 8476096526.

Trilla i Bellart, C. et al., 2006. Habitatge públic a Barcelona : l'aportació del Patronat Municipal de l' Habitatge : 1991–2005. Barcelona : Ajuntament de Barcelona, Patronat Municipal de l' Habitatge.

Aportaciones de los modelos físicos al desarrollo y construcción de las estructuras laminares en el s. XX

Pablo Moreno Muñoz
José Fernández-Llebrez Muñoz

Aunque resulta ampliamente conocida la importancia que las maquetas o modelos han venido teniendo en la configuración espacial y volumétrica de los proyectos, sin embargo no es tan conocido su papel activo en el desarrollo del diseño estructural y en su camino hacia la viabilidad constructiva. Es decir, en momentos en los que no se contaba con una respuesta concreta por parte de la teoría de estructuras, o que no existía precedente constructivo de una determinada solución estructural innovadora, el trabajo y la experimentación con modelos físicos permitió decisivamente en muchos casos que arquitectos e ingenieros avanzaran en el desarrollo y la evolución de las estructuras, contribuyendo a entender el funcionamiento estructural para poder diseñar y construir con seguridad cuando los modelos analíticos eran demasiado complejos de aplicar.

Desde que en 1675 Robert Hooke describiera la catenaria invertida como la forma ideal de un arco (Hooke 1675) se han utilizado modelos físicos para analizar la forma más eficiente trabajando a compresión pura de arcos bóvedas y cúpulas (Huerta 2004). Es el caso por el ejemplo de Giovanni Poleni en 1748 quien se apoyó en un modelo físico en la elaboración de su informe para demostrar la estabilidad de la cúpula de 41.9m de diámetro de la Basílica de San Pedro de Roma, a pesar de las alarmantes grietas radiales que presentaba (figura 1). Poleni aplicó cargas a una cadena colgante simulando los pesos de las dovelas de diferentes tamaños, y superpuso el arco resultante sobre la sección de la cúpula de San Pedro, quedando este dentro del perímetro de la sección, verificando así estabilidad de la misma. Anteriormente Cristopher Wren aplicó el mismo principio que quedó plasmado en uno de sus dibujos para el diseño de la cúpula de 34m de la Catedral de San Pablo de Londres en 1693.

Por su parte, y con el fin tanto de dar forma a sus obras como de simplificar los cálculos, Antonio Gaudí también utilizó y desarrolló sistemas de análisis tridimensional mediante modelos a escala reducida a los que aplicaba la inversión catenaria para que funcionasen a compresión pura. Así, en 1898 diseñó la capilla de la Colonia Güell apoyándose en un modelo invertido a escala 1:10 donde pequeños pesos representaban las cargas a las que se vería sometida la estructura y definían las curvas que darían forma a la capilla (Huerta 2006), en lo que sería el primer modelo colgante tridimensional para determinar la estática, a la vez que diseñar y optimizar la forma estructural (Larsen y Tyas 2003). Por otro lado, años más tarde el ingeniero suizo Heinz Isler obtendría estructuras laminares de hormigón de gran eficiencia trabajando en compresión pura, también a partir de la investigación basada con modelos colgados invertidos (Chilton 2000). Una de las primeras veces que Isler utilizó esta técnica fue en 1968 para la cubierta de una estación de servicio en Deitingen, en la autopista entre Berna y Zurich (figura 2). Se trataba de dos cascarones de 31.6m de largo, 26m de ancho y 9cm de espesor, construidos con hormigón sin vigas de borde, situados a cada lado de un pequeño edificio de que contenía las instalaciones y el equipamiento de la estación de ser-

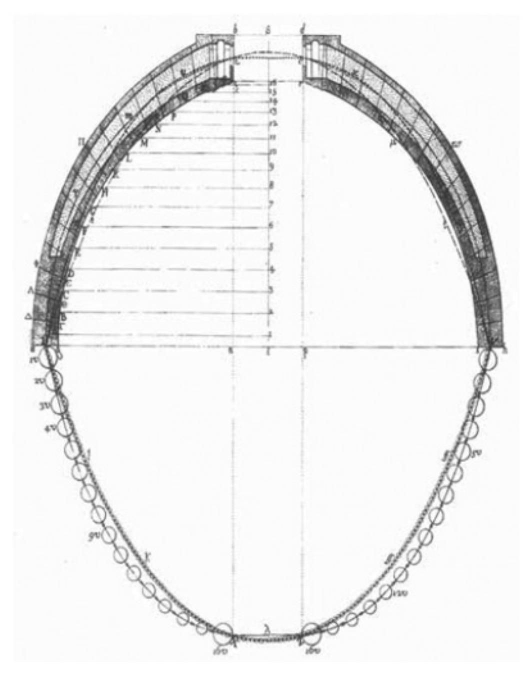


Figura 1
Estudio de Poleni para verificar la estabilidad de la Cúpula de la Catedral de San Pedro (Poleni 1748).

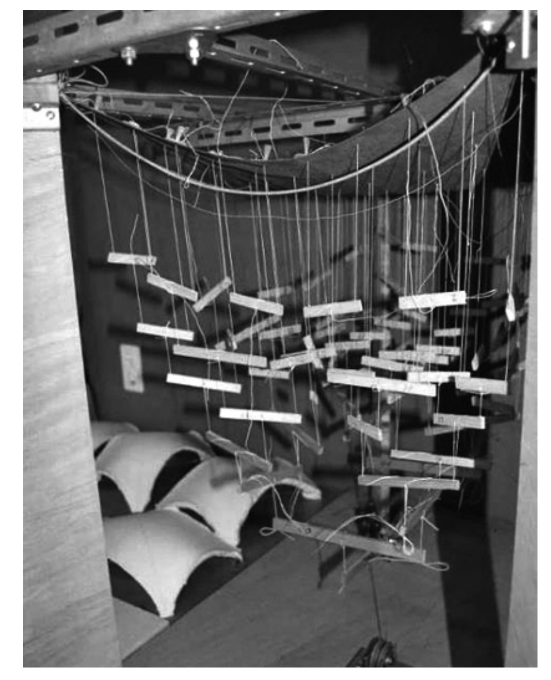


Figura 3
Modelo de látex para determinar forma de la estación de servicio en Deitingen (Chilton 2012).



Figura 2
Estación de servicio en Deitingen, Heinz Isler, 1968 (Archivo gráfico Biblioteca ETH Zurich. ETHBIB.Bildarchiv)

vicio (Peerdeman 2008). Para obtener su forma, se utilizó un modelo que consistía en una estructura de madera de la que se colgó una pieza triangular de goma de látex (figura 3) sobre la que se aplicó una carga repartida simulada mediante pequeños discos de madera, de los que suspendía un sistema de cuerdas al que se aplicaba la carga total a repartir.

Sin embargo, nuestra investigación sobre la evolución de las estructuras laminares —con el siglo XX como acotación principal— nos conduce a la consideración de que no podemos limitar la utilización de modelos físicos al estudio de formas eficientes estructuralmente, ya que es posible certificar su operatividad sobre diferentes cometidos o planteamientos inherentes al proceso de diseño estructural desarrollados a partir de las particulares necesidades del proyectista. Así, tras analizar una muestra representativa (38 modelos) de proyectos de estructuras laminares desarrollados con la ayuda de modelos físicos, se observa una diferenciación clara entre las diferentes motivaciones o finalidades principales en relación a la utilización de los mismos.

Así, también se utilizaron modelos para comprobar un determinado funcionamiento estructural según cálculos teóricos realizados previamente y poder por

tanto analizar la viabilidad estructural de una solución estructural. Este es el caso de varios de los proyectos desarrollados por Dischinger y Finsterwalder quienes utilizaron modelos físicos en el diseño y construcción de estructuras laminares para las que no existían precedentes, siguiendo un proceso esencialmente científico: primero se hacía un análisis teórico y después se construía y testeaba un modelo a escala reducida del cascarón, considerando no solamente su forma, sino comprobando también que las propiedades de los materiales, las cargas y la resistencia fueran representativas en el modelo reducido.

Uno de los primeros modelos reducidos de láminas de hormigón fue el desarrollado en 1927 en la construcción de la que sería la primera gran bóveda cilíndrica laminar de hormigón para la cubierta del Mercado de Frankfurt, diseño del arquitecto Martín Elsässer y los ingenieros Dischiger y Finsterwalder (figura 4). En este mercado se cubrió una superficie de 11.000m² sin apoyos intermedios mediante quince bóvedas cilíndricas de 36.9m de longitud, 14.1m de ancho y tan sólo 7cm de espesor de hormigón proyectado reforzado por una doble malla triangular de acero y apoyadas en vigas laterales de borde de 80cm de ancho y 2m de canto. Las empresas constructoras eran las responsables del dimensionado de la estructura, por lo que tenían el doble interés de obtener un comportamiento estructural adecuado junto con el económico en cuanto a la cantidad de material necesario para su construcción. Para el diseño de la estructura se obtuvieron analíticamente las tensiones y se establecieron los refuerzos de armado (Peseke, Grohmann y Bollinger 2010).

Dada la escasa experiencia previa en estructuras laminares, y para comprobar el funcionamiento estructural según los cálculos analíticos realizados previamente, se construyó y ensayó junto a la obra un modelo reducido de la misma a escala 1:3 (figura 5), cargándose de una manera gradual con sacos de arena entre el 11 de abril y el 4 de mayo de 1927 hasta alcanzar una carga de 964kg/m². De este modo se obtuvieron las deformaciones de la cubierta medidas sobre el eje del modelo, que arrojaban un comportamiento adecuado y resistencia suficiente (Kleinlogel 1928) sin mostrar signos de pandeo de la superficie ni deformación excesiva, confirmando así la validez de la solución analítica obtenida (Peseke, Grohmann y Bollinger 2010).

El ingeniero español Eduardo Torroja también utilizó modelos para comprobar los cálculos analíticos en obras como la cubierta del Frontón de Recoletos. El proyecto se configuraba a partir de dos grandes bóvedas cilíndricas intersectadas en paralelo y apoyadas únicamente en los testeros. Los cilindros tenían unos radios de 6.4 y 12.2m respectivamente y que juntos cubrían un área libre de soportes de 55 × 32.6m –dimensiones mucho mayores que las de las láminas cilíndricas de hormigón que se habían construido hasta el momento– con tan sólo un espesor de lámina 8cm, excepto en la zona de unión entre los dos cilindros donde se alcanzaban los 15cm. La cubierta permitía la entrada de luz natural a través de unas zonas trianguladas dispuestas en ambos cilindros (Fernandez y Navarro 1999) (figura 6).



Figura 4
Mercado de Frankfurt, Dischinger y Finsterwalder 1927 (Joedicke 1962).

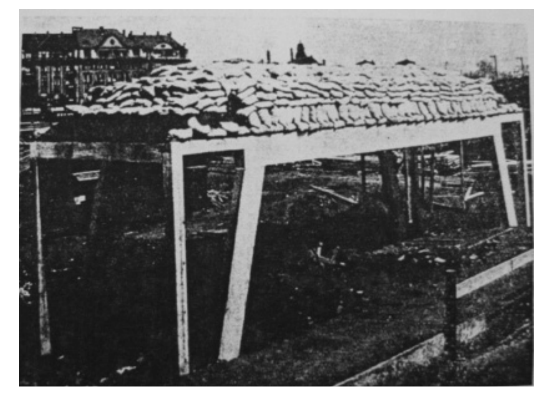


Figura 5
Ensayo de carga a escala 1:3 para las bóvedas del Mercado de Frankfurt 1927 (Peseke, Grohmann y Bollinger 2010).



Figura 6
Vista interior del Frontón Recoletos. Eduardo Torroja 1935 (Torroja 1962).

Resolver la cubierta del Frontón supuso todo un reto estructural, dado que incorporaba condicionantes estructurales que nunca antes se habían considerado, por lo que para lograr una aproximación a la solución se incorporaron algunas simplificaciones en los cálculos y se afrontó el análisis dividiendo el problema por partes a la vez que se valoraban diferentes hipótesis de funcionamiento: como membrana y como placa, y con diferentes estados de carga (Torroja 1942).

Para tener más seguridad sobre su diseño y para contribuir al desarrollo de la teoría de láminas cilíndricas, Torroja contrastó sus resultados con el ensayo sobre un modelo a escala 1:10 de microhormigón construido por la empresa ICON (figura 7).

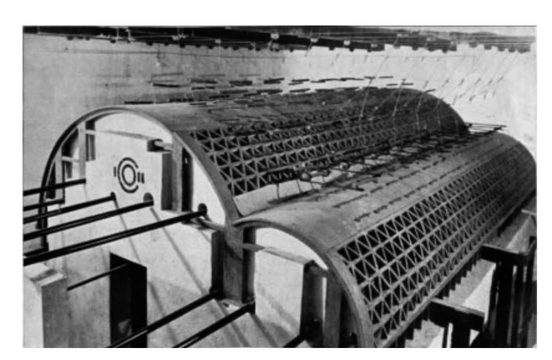


Figura 7
Modelo experimental a escala reducida del Frontón (Torroja 1962).

Es así como fue posible comprobar la resistencia de rotura con cargas superiores a las del cálculo y analizar las deformaciones de la cubierta, para lo que se midieron las deformaciones producidas por el peso propio y las cargas simuladas de viento y nieve, comparando los resultados con los obtenidos analíticamente. El modelo se construyó con un sistema que permitía la descarga automática de la sobrecarga de peso muerto (la principal) en caso de sobrepasarse un descenso de un centímetro, para poder estudiar la iniciación y desarrollo de la rotura en los primeros momentos de iniciarse ésta, además se ideó un sistema de puesta en carga del modelo que permitía aplicar las succiones provocadas por el viento (Antuña 2002). Se instalaron 16 sensores de medición y se hicieron en total 24 ensayos de carga para distintas hipótesis y combinaciones, dibujando las deformadas de los distintos estados de carga. Éstas se compararon con las flechas estimadas en el cálculo, observándose que las experimentales eran algo menores en el cilindro pequeño, al mismo tiempo que la ley de flectores indicaba un rápido aumento de éstos en la salida de la zona de lucernarios. Una vez construida la estructura se midieron las deformaciones reales de la misma, comparándolas tanto con las analíticas como con las obtenidas del modelo (Torroja 1962).

Todo este proceso no sólo le permitió confirmar que el diseño del frontón era óptimo, sino que aumentó su confianza como diseñador y la de otros ingenieros enfrascados en proyectos similares. Aumentó la convicción en las posibilidades del método de diseño seguido por Torroja, basado en la combinación del uso de modelos a escala reducida con unos cálculos relativamente sencillos (Addis 2007).

Por los mismos años en los que Torroja desarrollaba sus obras maestras, en Italia Pier Luigi Nervi construyó unos hangares militares para el aeropuerto de Orvieto. Nervi, convencido de las limitaciones de los cálculos teóricos, prefería el enfoque empírico en sus diseños (Bologna y Neri 2013), y utilizó los modelos reducidos a modo de herramienta de cálculo que le ayudase a definir la estructura, predecir las deformaciones y comprender mejor el comportamiento estructural debido al alto grado de indeterminación estática de la cubierta de los hangares, circunstancia que hacía prácticamente inviable desarrollar unos cálculos definitivos mediante los métodos analíticos disponibles en ese momento. Este proyecto fue una de las primeras estructuras para las que Nervi empleó

modelos reducidos como herramienta de cálculo y verificación de la validez de la estructura, convirtiéndose a partir de ese momento en un recurso utilizado en muchos de sus siguientes proyectos (Chiorino y Chiorino 2013).

El modelo utilizado para el cálculo de la estructura de los hangares de Orvieto se trataba de un modelo reducido construido en celuloide a escala 1:37.5 en la Universidad Politécnica de Milán (figura 8), con la supervisión de Guido Oberti y Arturo Danusso (Peters 2011). El modelo se cargó con pequeños pesos suspendidos simulando la carga permanente de la cubierta, se midieron las deformaciones del modelo y se obtuvieron las tensiones internas de la cubierta para permitir el dimensionado de la misma. Los ensayos sobre modelos reducidos confirmaron a Nervi que el funcionamiento global de la estructura de los hangares era mucho mejor que lo que se podía demostrar mediante cálculos teóricos. De hecho, una vez la obra estuvo construida se midieron meticulosamente las deformaciones reales de la estructura, confirmando la suficiente precisión de los ensayos sobre el modelo reducido (Billington 1985).

La utilización de modelos reducidos como herramienta de cálculo alcanzaría una sofisticación importante. Así el ingeniero suizo Heinz Hossdorf creo una metodología de ensayos propia que permitía medir las reacciones hiperestáticas sobre modelo elástico en equilibrio, formando un sistema de fuerzas nulo junto con las acciones exteriores, que además reducía la posibilidad de error en la lectura de datos y permitía obtener los esfuerzos globales en cualquier sección de la misma (Torroja y Cassinello 2007). Tiempo después desarrolló también los «modelos híbridos» donde medía las deformaciones independientes con un sistema de cargas unitarias sobre el modelo procesadas informáticamente, lo que permitía obtener las superficies de influencia y, mediante combinaciones lineales procesadas por ordenador, simular cualquier estado de carga (Torroja y Cassinello 2007).

Hossdorf calculó con modelos físicos proyectos como la Biblioteca de la Universidad de Basilea (figura 9) o el Teatro Municipal también de Basilea en 1968 (figura 10). La cubierta del teatro la forma una gran lámina estructural de doble curvatura con una



Figura 9
Modelo reducido de la Biblioteca de la Univ. de Basilea 1963 (Hossdorf 2013).

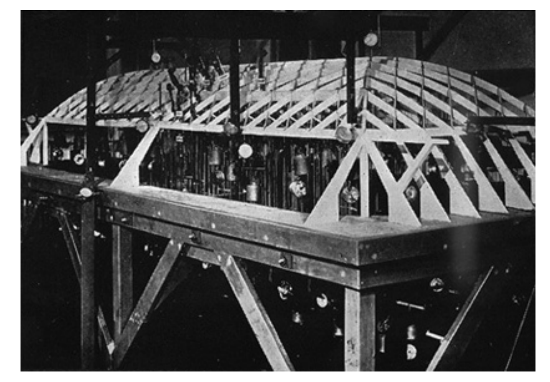


Figura 8
Modelo reducido de celuloide del Hangar de Orvieto (Rogers y Joedicke 1957).



Figura 10
Teatro municipal de Basilea 1968 (Torroja y Cassinello 2007).

luz de más de 60m con tan sólo 12cm de espesor (Cassinello 2006) colgada de la parte alta de caja escénica y anclada en el otro extremo sobre cinco contrafuertes —las fachadas laterales y tres intermedios—, que cubre prácticamente la totalidad del conjunto con una forma imposible de calcular analíticamente, por lo que se utilizó un modelo de resina acrílica a escala 1:50 construido en el laboratorio experimental de Hossdorf que le permitia controlar el equilibrio global del conjunto, hallar las tensiones internas de la lámina y obtener las reacciones de la unión de la cubierta con los contrafuertes y con la caja escénica (Torroja y Cassinello 2007) (figura 11).

Se dispusieron sobre el modelo 310 manómetros unidimensionales y 34 sensores de medición tridimensional, mientras que la carga se simuló mediante 120 pesas suspendidas del modelo que entraron en carga hidráulicamente. Los resultados del ensayo mostraron un funcionamiento adecuado de la estructura, detectando picos de tensión debidos a la flexión de la cubierta, pero se consideraron aceptables (Ekwall 2014).

Por su parte, Robert Maillart en 1939, diseñó el Cement Hall en colaboración con el arquitecto suizo Hans Leuzinger para la Exposición Nacional de Suiza en Zurich. Se trataba de una bóveda parabólica de 16.7m de ancho, 11.7m de altura, estrechándose en la parte posterior a 11.1m de anchura y 9.1m de altura, manteniendo un espesor constante de 60mm en toda la cáscara (Billington 1985).

La intención buscada con el pabellón era demostrar las propiedades y versatilidad del hormigón, así como la escasa cantidad necesaria del mismo para crear estructuras robustas. Construida con hormigón proyectado y armado con malla de acero de 8mm de diámetro, se erigió como estructura efímera sin la necesidad de soportar más cargas que la sobrecarga de nieve y con la intención de demolerlo mediante ensayo tras la exposición para comprender mejor el funcionamiento de este tipo de estructuras (Bill y Maillart 1948).

El Cement Hall fue demolido tras la exposición, en febrero de 1940 mediante una prueba de carga dirigida por el profesor Mirko Ros de la Escuela Politécnica de Zürich, que permitió investigar y estudiar con datos reales el comportamiento de las estructuras laminares de hormigón. El pabellón se ensayó como si de un modelo experimental a escala 1:1 se tratase, construido para tal fin, la información obtenida del ensayo permitió avanzar en el conocimiento del comportamiento de las estructuras laminares bajo distintos estados de carga. Se colocaron 30 sensores para medir las deformaciones en la parte inferior de la cáscara, formando seis filas ubicadas en los extremos de la cubierta, en las costillas y en los puntos medios entre los dos anteriores, con cinco sensores de medición en cada fila, aplicándose cargas puntuales en seis filas entre los sensores de medición. Los resultados obtenidos permitieron calcular las tensiones para cada estado de carga, resultando ser más resistente que lo inicialmente previsto, tanto por la carga soportada como por la deformación y resistencia al pandeo gracias a la rigidez y monolitismo de la estructura (Zastavni 2008) (figura 12).

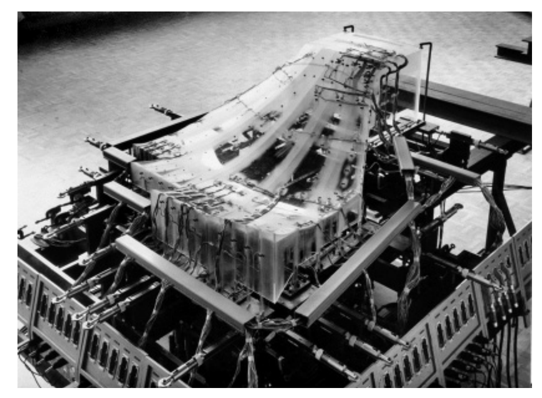


Figura 11
Modelo reducido del teatro municipal de Basilea 1968 (Torroja y Cassinello 2007)

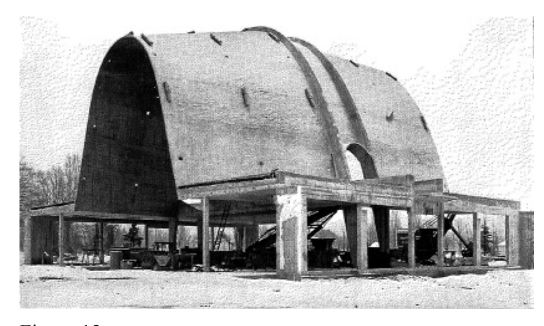


Figura 12
Cement Hall antes de las pruebas de carga hasta su demolición. Se aplicaron las cargas puntuales mediante carretillas cargadas colgadas de la cubierta (Ros 1940).

La cáscara sufrió deformaciones permanentes para una carga equivalente de 220–240 kg/m² —1.6 veces su peso propio— sin llegar al colapso, que llegó tras aplicar una carga total de 27.6 toneladas en sólo uno de los lados de la cubierta (figura 13), mientras que la mayor deformación presentada fue de 5.2mm para una única carga puntual de una tonelada aplicada en el vértice delantero (Ros 1940).

Félix Candela también recurría a modelos experimentales a escala 1:1 para estudiar el comportamiento estructural cada vez que utilizaba una nueva geometría o tamaño, así como para analizar y optimizar el proceso constructivo del encofrado, colocación del armado o vertido del hormigón (Cassinello et al. 2010). Téngase en cuenta que la utilización de modelos a escala real facilita el análisis constructivo de la obra, además de reducir los efectos derivados de la escala dado que ciertas propiedades (como el módulo de elasticidad, la resistencia de los materiales o los efectos del pandeo) no son escalables. No en vano, Candela era el constructor de sus láminas estructurales, por lo que le interesaba tanto la viabilidad como la optimización estructural y constructiva para reducir los costes de materiales y tiempos de ejecución.

De hecho la economía juega un papel fundamental en el desarrollo de las estructuras laminares, pues es la búsqueda de un funcionamiento más eficiente uno de los motivos para recurrir a métodos empíricos de investigación y experimentación —como la utilización de modelos físicos—, consiguiendo llevar a cabo las obras con propuestas más económicas que sus competidores coetáneos gracias a la eficiencia de la estructura, del proceso constructivo y/o la utilización de materiales.

En 1949 Félix Candela construyó en San Bartolo de Naucalpan (México), junto con su hermano Antonio, su primer cascarón experimental con geometría de bóveda funicular y directriz catenaria (figura 14). El modelo consistía en un cascarón basado en los prototipos realizados en Inglaterra durante la Segunda Guerra Mundial según la patente de la bóveda Ctesiphon, desarrollada por Kurt Billing en 1943 y utilizada por el ejército británico para construir barracones militares durante la Segunda Guerra Mundial. Si bien la experiencia de Candela era ahora de mayor tamaño, construyó el modelo con 12 arcos de madera de sección parabólica, de 6 metros de altura, sobre los que extendió tela de saco de yute a modo de encofrado perdido, sin cimbra ni armadura (Cassinello et al. 2010). Al verter el hormigón se deformaba la tela del encofrado formando también catenarias entre los arcos de madera, de modo que se obtenía así una superficie de doble curvatura que evitaba los problemas de pandeo que solían afectar a este tipo de estructuras; es decir, se conseguía rigidizar la super-



Figura 13
Prueba de carga hasta su destrucción con fines científicos (Ros 1940).

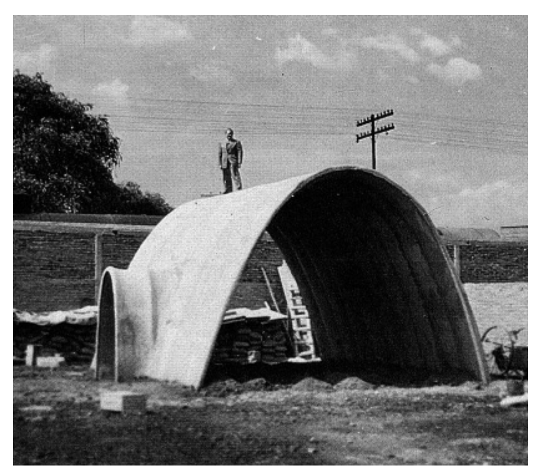


Figura 14
Bóveda Ctesiphon, primer cascarón experimental de Félix Candela, México 1949 (Cassinello et al. 2010).

ficie sin aumentar el espesor de la lámina (Churtichaga 2008).

En definitiva, el objetivo de Félix Candela con este modelo era analizar este tipo de formas y optimizarlas estructural, constructiva y económicamente, para extrapolarlas a otros proyectos en los que el coste fuera determinante. Este cascarón le sirvió por tanto de modelo a escala 1:1 para realizar proyectos de vivienda mínima, así como construir una escuela rural de bajo coste en Tamaulipas (México) trasladando tanto forma como el proceso constructivo estudiado (Faber 1963).

Propuesta de caracterización

Por tanto, a partir del estudio y análisis de una muestra representativa mayor, es posible concluir una caracterización final propositiva de las principales finalidades o motivaciones de utilización de los modelos físicos en relación al desarrollo de las estructuras laminares de hormigón. En este sentido, se proponen cinco categorías generales que recogen así el conjunto de supuestos y casuísticas observadas a lo largo de la aproximación sucesiva a los diferentes casos de estudio contemplados a partir de las acotaciones de partida: tipológica (estructuras laminares), material (hormigón), cronológica (siglo XX), geográfica (ámbito occidental).

a) Modelos ideados para el análisis de formas eficientes estructuralmente:
   Forman parte de esta categoría los modelos utilizados para explorar la forma resistente y comprender su funcionamiento estructural, así como los modelos de trabajo para la optimización de la forma estructural. En general se trata de modelos cualitativos construidos en las primeras etapas de un proyecto —antes de realizar cálculos analíticos—, para comprender mejor su funcionamiento o para explorar nuevas formas o ideas de diseño estructural.
b) Modelos utilizados como herramienta de cálculo:
   Los modelos aquí incluidos, normalmente desarrollados en laboratorios especializados, son los proyectados para obtener información necesaria para su construcción, utilizados como herramienta de cálculo para obtener esfuerzos, hallar tensiones, solicitaciones y deformaciones que permitan el dimensionado del proyecto real, hallar cargas últimas de rotura o predecir el comportamiento dinámico frente a los esfuerzos de viento o sismo.
c) Modelos ideados para la comprobación de la viabilidad estructural y dar confianza en la utilización segura de una determinada solución:
   En general forman parte de esta categoría los modelos realizados tras los cálculos analíticos en los que, debido al estado de la teoría disponible o bien dada su dificultad de aplicación, se asumen importantes simplificaciones de cálculo que requieren de una comprobación empírica que valide los resultados analíticos y dé confianza en su utilización de una manera segura. En esta categoría también se encuadrarían los modelos utilizados en ensayos como demostración física de una teoría estructural.
d) Modelos utilizados con la finalidad de analizar el proceso constructivo, comprobar su viabilidad u optimización constructiva:
   De esta categoría forman parte los modelos desarrollados para obtener información constructiva del proyecto que posibilite o facilite su ejecución, comprobar la compatibilidad geométrica o constructiva o bien para optimizar o determinar el proceso constructivo más adecuado para llevar a cabo una determinada solución estructural.
e) Estructuras laminares ya construidas ensayadas como modelos para comprender su comportamiento estructural.

Esta categoría la encontramos en aquellos casos en los que se extrae información mediante ensayos del comportamiento estructural de láminas ya construidas —como modelo de investigación a escala 1:1— para avanzar en el conocimiento. No se trata pues de la comprobación de la viabilidad ni de la búsqueda de formas eficientes estructuralmente, ni de una herramienta de cálculo o de análisis del proceso constructivo —que se correspondería con las categorías anteriores— sino investigación empírica del funcionamiento de una estructura laminar.

En la tabla 1 se recoge de una manera gráfica esta caracterización aplicada a los treinta y ocho modelos analizados. Se representa en la misma tanto las motivaciones principales encuadradas en cada una de las

obra	año	uso del modelo				
		A	B	C	D	E
1 Planetario Jena	1922	▒			■	
2 GeSoLei	1926			■		
3 Mercado de Frankfurt	1927			■		
4 Mercado de Leipzing	1929			■		
5 Mercado de Dresde	1931	▒		■		
6 Mercado de Algeciras	1933		▒	■	▒	
7 Frontón de recoletos	1935			■		
8 Hipodromo Zarzuela	1935			▒	■	
9 Hangares Orvieto	1935		■			
10 Hangares Orbetello	1939			■		
11 Hangares Orbetello2	1939				■	
12 Cement Hall	1939					■
13 Bóveda Ctesiphon	1949	▒			■	
14 Ribless Shell	1950	▒		■		▒
15 Fca Fernandez	1950	▒			■	▒
16 Paraguas Hypar	1953	▒			■	▒
17 Fábrica Jamin	1955	■				
18 Fabrica Jamin2	1955			■		
19 Club Táchira	1956		▒	■		
20 Palacete del Deporte	1957				■	
21 Pabellón Philips	1958		■			
22 PabellónPhilips2	1958			■	▒	
23 Iglesia Fray Klaus	1958		■			
24 Opera Sidney	1958		■			
25 Las ballenas	1959	■				▒
26 Modelo experim IASS	1959	■				▒
27 Almacén VSK	1959			■		
28 Concesionario Moser	1959	■				
29 Ntra Sra Guadalupe	1962				■	
30 Ntra Sra Guadalupe2	1962		▒	■		
31 Biblioteca U. Basilea	1963		■			
32 Catedral Sta Mª	1965		■			
33 Catedral SFco2	1965		▒	■		
34 estación de servicio	1968	■				
35 Deitingen2	1968		■			
36 Teatro Basilea	1968		■			
37 Piscina cubierta Alster	1973		■			
38 Teatro en Grötzingen	1977	■				

Tabla 1
Propuesta de caracterización.

categorías descritas anteriormente, así como, con una tonalidad más clara, los usos secundarios (según otras categorías) en los casos en los que los modelos tengan otras finalidades además de la principal.

Lista de referencias

Addis, W. 2007. *Building: 3000 years of design engineering and construction*. New York: Phaidon.

Antuña, J. 2002. «Las estructuras de edificación de Eduardo Torroja Miret.» Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.

Bill, M. y R. Maillart. 1948. *Robert Maillart; bridges and constructions*. Praeger.

Billington, D.P. 1985. *The tower and the bridge: the new art of structural engineering*. Princeton: Princeton University Press.

Bologna, A. y Neri, G. 2013. «Pier Luigi Nervi in the United States. The Height and Decline of a Master Builder». *Structures and Architecture,* EPFL-CHAPTER-188791: 1900–1906.

Cassinello, P. 2006. «En Memoria de Heinz Hossdorf». *Informes de la Construcción,* 58–502.

Cassinello, P., M. Schlaich, M. Garlock, D.P. Billington y J.G.O. Salinas. 2010. «Félix Candela, centenario: la conquista de la esbeltez». En exposición: *Centenary 2010: the achievement of slenderness*.

Chiorino, M. A., y C. Chiorino. 2013. «Pier Luigi Nervi: architecture as challenge». *Structures and Architecture: New concepts, applications and challenges*.

Chilton, J. 2000. *The Engineer's Contribution to Contemporary Architecture: Heinz Isler*. London: Thomas Telford Publishing.

Chilton, J. 2012. «Form-finding and fabric forming in the work of Heinz Isler». *Proceedings of Second International Conference on Flexible Formwork,* ICFF 2012, 27–29 June 2012, Bath, UK.

Churtichaga, J.M. 2008. «La estructura veloz». *Revista Consejo Superior Colegios Arquitectos de España*.

Ekwall, T. 2014. «Heinz Hossdorf und die Modellstatik». *Revista Tec 21 43*.

Faber, C. 1963. *Candela: The Shell Builder*. Reinhold Publishing Corporation.

Fernández J.A. y Navarro JR. 1999. *Eduardo Torroja: Engineer*. Madrid: Pronaos Publishers.

Hooke, R. 1675. *Description of helioscopes, and some other instruments.* London: John & Martin Printer to the Royal Society.

Hossdorf, H. 2013. *Heinz Hossdorf—Das Erlebnis Ingenieur zu sein*. Springer-Verlag.

Huerta Fernández, S. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

– .2006. «Structural design in the work of Gaudí». *Architectural Science Review* 8–2.

Joedicke, J. 1962. *Schalenbau.* Hilversum: Uitgeverij G van Saane.

Kleinlogel A. 1928. *Die Schalengewölbe der Großmarkthalle*. Frankfurt: Beton und Eisen.

Larsen, O. y A. Tyas. 2003. *Conceptual structural design: bridging the gap between architects and engineers*. Thomas Telford Ltd.

Peerdeman, B. 2008. «Analysis of thin concrete shells revisited: Opportunities due to innovations in materials and analysis methods». Tesis máster. Delft University of Technology.

Peseke, H., M. Grohmann, y K. Bollinger. 2010. «The Grossmarkthalle (wholesale market hall) in Frankfurt/Main. An early reinforced concrete shell structure». En: Symposium of the International Association for Shell and Spatial Structures. Evolution and Trends in Design, Analysis and Construction of Shell and Spatial Structures: Proceedings. Editorial Universitat Politècnica de València.

Peters, TF. 2011. *IABSE-The First 80 years: 1929–2009*. Zurich: IABSE.

Poleni, G. 1748. *Memorie istoriche della Gran Cupola del Tempio Vaticano*. Padova: Nella Stamperia del Seminario.

Rogers, E. y J. Joedicke. 1957. *The Works of Pier Luigi Nervi.* Architectural Press.

Ros, M. 1940. «Ergebnisse der Belastungsversuche an der Zementhalle der Scheweizerischen Landesausstellung Zürich 1939». *Bericht 99, Verein Schweizerischer Zement*.

Torroja, E. 1942. «Comprobación y comportamiento de un estructura laminar». En: *Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*.

– 1962. «Frontón Recoletos». *Informes de la Construcción*, 14–137.

Torroja, J.A. y P. Cassinello. 2007. «Enrique Hossdorf. Arte e innovación en ingeniería». *Informes de la Construcción* 59–505: 81–89.

El registro de la propiedad: una fuente para la historia de la construcción. La arquitectura contemporánea en Bilbao como estudio de caso

Francisco Javier Muñoz Fernández

El análisis de una construcción arquitectónica determinada proporciona gran cantidad de información sobre técnicas, materiales, tecnología, procesos constructivos, etc. Sin embargo, es necesario completar esta información con otros datos documentales que ayuden a tener una visión más amplia de la historia de la construcción. Para ello son indispensables los archivos que, en ocasiones, no conservan documentación alguna sobre diferentes edificaciones. En otros casos, los inmuebles han desaparecido o han sido alterados de manera significativa, por lo que desconocemos mucha información sobre ellos que tampoco se conserva en ningún archivo. Esta laguna de información se puede completar acudiendo a los registros de la propiedad. En España los registros se crearon a partir de 1861, y en la mayoría de los casos se han conservado de manera adecuada.

En los registros de la propiedad, además de inscribirse la propiedad de los inmuebles en una fecha aproximada a la finalización de la construcción, también es habitual que la primera anotación de la edificación se acompañe de una declaración de obra nueva, especialmente cuando se trata de viviendas. En ella se suele especificar el propietario, el constructor e incluso el arquitecto, así como el tipo de estructura, materiales y hasta los acabados utilizados. Por todo ello, los registros de la propiedad se convierten, junto con otras fuentes, en un instrumento relevante en la historia de la construcción.

En este artículo se presenta el registro de la propiedad de Bilbao como estudio de caso, donde se han analizado diferentes inmuebles, la mayoría de ellos viviendas erigidas entre los años veinte, treinta y cuarenta. Con todo ello se ha querido subrayar la utilidad y riqueza del registro de la propiedad como una fuente indispensable para la historia de la construcción en España a partir del siglo XIX[1].

El registro de la propiedad se creó para fijar la titularidad y proteger los bienes inmuebles. Existen antecedentes históricos del registro de la propiedad desde el antiguo Egipto, pero en el siglo XIX los diferentes mecanismos de seguridad de la propiedad quedaron obsoletos, y dieron paso a un nuevo sistema, también en España, que es el que conocemos en la actualidad. Inicialmente, el Real Decreto del Ministerio de Hacienda de 31 de diciembre de 1829, reformado por otro de 1845, estableció la obligación de registrar las «transmisiones inmobiliarias en general» (Rivas Palá 1982, 71). Aunque no fue hasta la promulgación de la Ley Hipotecaria de 1861, cuando se configuró el registro de la propiedad[2]. El resultado fue la creación, de manera paulatina, de registros de la propiedad por todo el Estado, donde se siguen custodiando los libros de registro de la propiedad inmobiliaria.

Cada finca, que es el modo de organización del registro, constituye un folio registral en el que se anota el historial jurídico del inmueble. En cada uno de ellos se puede inscribir y anotar diferentes cuestiones relacionadas con la propiedad y los derechos de los bienes inmuebles. Existen diferentes tipos de inscripciones o asientos[3]. Entre todos ellos

destaca el asiento de inscripción que se realiza para inscribir los títulos de declaración o transmisión de inmuebles[4].

La inscripción en el registro era voluntaria, a excepción de las hipotecas cuya inscripción era obligatoria. En consecuencia es posible que, con determinados edificios, no encontremos información alguna. Aunque se trata de un hecho más habitual en pequeños núcleos de población, y no tanto en ciudades como Bilbao.

En el registro de la propiedad se puede consultar información relativa a un inmueble determinado, previo abono de las tasas correspondientes. Sin embargo, la consulta del registro, a diferencia de otras fuentes documentales, no está abierta al público y requiere de la autorización de los registradores. Para poder desarrollar el presente trabajo hemos contado con la amabilidad de los registradores de la propiedad de Bilbao: Carlos Bajugera, Iván Fernández y Manuel Garaizabal, a quienes les quiero mostrar mi más sincero agradecimiento, al igual que al resto de trabajadoras y trabajadores del registro.

La información registral de un inmueble, en los casos consultados, se suele inscribir a partir de una escritura pública otorgada ante notario. La primera anotación del edificio se suele acompañar de una anotación de obra nueva que, como ya hemos adelantado, puede ofrecer el mayor número de datos de interés para la historia de la construcción. Sin embargo, esta información no es homogénea y varía de cada tipo de construcción. Generalmente, los edificios de un coste más elevado suelen contar con anotaciones más detalladas, mientras que las construcciones de menor presupuesto son las que menos información proporcionan.

En cualquier caso, la información del registro siempre recoge datos sobre la fecha de inscripción, que puede ser orientativa para concretar la posible construcción del inmueble, su propiedad y el coste de la construcción. Como ya hemos adelantado, el registro era voluntario, por lo que la inscripción no siempre fue inmediata a la finalización de las obras de construcción, y en algunos casos fue posterior. Los ejemplos más característicos de los retrasos en las inscripciones, incluso de varios años, los encontramos en obras erigidas entorno y durante la Guerra Civil[5]. En consecuencia, la fecha de inscripción habrá de entenderse como una aproximación a la terminación de las obras, que puede resultar de gran utilidad en aquellos casos en los que no se ha conservado otro tipo de documentación sobre los inmuebles.

Los primeros ejemplos de arquitectura racionalista en Bilbao se concretaron en diferentes casas de vecindad erigidas en 1931 de la mano de profesionales ya consolidados como Tomás Bilbao, Pedro Guimón y Manuel María de Smith, a quienes se sumaron otras propuestas en años posteriores de la mano de Emiliano Amann, Antonio de Araluce, Manuel Ignacio Galíndez, Hilario Imaz, Pedro de Ispizua, José María Sainz Aguirre y otros arquitectos.

Un ejemplo temprano de este tipo de arquitectura es el inmueble de la calle Diputación 12, esquina con Rodríguez Arias (figura 1), su expediente de construcción no se conserva, pero fue inscrito en el registro en agosto de 1931 a nombre del conocido constructor de la ciudad Patricio Bilbao, padre del arquitecto Tomás Bilbao que colaboró con su progenitor en numerosas ocasiones (Del Cueto Ruiz-Funes 2014, 87–98; Juaristi y Pino 2011)[6].



Figura 1
Tomás Bilbao. c.1931. Casa de vecindad en la calle Diputación 12, esquina con Rodríguez Arias.

Otro edificio destacado en la arquitectura racionalista de los años treinta es la casa de vecindad y oficinas que Domingo Hormaeche encargó a Manuel Ignacio Galíndez en la confluencia de las calles de Alameda de Urquijo 9, y Padre Lojendio (Susperregui 2000, 26–31) (figura 2). El inmueble está ubicado en el centro de la capital vizcaína, junto a la Iglesia jesuita del Sagrado Corazón de Jesús proyectada por el arquitecto José María Basterra en 1891. Galíndez en su propuesta tuvo en cuenta el uso de los materiales y el cromatismo del edificio anexo, y también lo respetó al dejar un espacio libre entre ambas edificaciones que permitiesen ver los arbotantes del centro religioso, lo que le permitió conferir cierta monumentalidad a su proyecto que acrecentó con el uso de un chaflán curvo, muy habitual en la arquitectura racionalista de la capital inspirada en las propuestas del arquitecto alemán Erich Mendelsohn. En este caso la información registral nos indica que la venta del solar se inscribió en enero de 1932 (RPB. Libro 190, folio 125v, finca 5270), por lo que es posible que la compra, al igual que la propuesta de Galíndez, se realizase con anterioridad, hacia finales de 1931. El inmueble se inscribió en marzo de 1933, que consideramos una fecha muy próxima a la terminación de las obras; ya que la época de los treinta se caracterizó por una fuerte crisis de la construcción en la que durante los primeros años de la década el retraso fue habitual en las ejecuciones. De hecho, el inmueble se terminó en el plazo de un año y varios meses, cuando la finalización de edificios de similares características se podía dilatar más tiempo, como fue habitual durante los años cuarenta.

La casa de vecindad en la calle Buenos Aires 3 (figura 3), gracias al registro de la propiedad, sabemos que se erigió entre 1943 y 1946 aproximadamente, aunque la estética racionalista del edificio nos podría



Figura 2
Manuel I. Galíndez. c.1931–3. Casa de vecindad en la calle Alameda de Urquijo 9, esquina Padre Lojendio.



Figura 3
Raimundo Beraza. c.1943–6. Casa de vecindad en la calle Buenos Aires, 3.

remitir a una construcción de la década anterior. El registro nos informa igualmente que sus propietarios, los hermanos Coral y Líbano, encargaron al arquitecto Raimundo Beraza ampliar un inmueble de cuatro plantas de finales del siglo XIX a otro de mayor altura con una fachada totalmente nueva (RPB. Libro 77, folio 32, finca 2.624).

Otro dato que nos proporciona el registro de la propiedad es el coste de la construcción y la propiedad del inmueble. El solar de la calle Diputación de 346,86 dcm2 fue adquirido por Patricio Bilbao a Alfredo Echevarría, sobre el que se construyó un edificio valorado en 440.000 pesetas. Por otra parte, la finca de la Alameda de Urquijo de 807,15 dcm^2 fue vendida al contratista Domingo Hormaeche por un precio de 375.000 pesetas, y una vez construida fue inscrito por un valor de 1.350.000 pesetas. En consecuencia, el registro se presenta como una importante fuente para concretar el precio del suelo y los costes de la construcción en diferentes épocas y espacios urbanos.

El registro también nos puede indicar la profesión de su propietario. En ocasiones se repite el trabajo de contratista de obras, tal es el caso de Domingo Hormaeche, o el ya citado Patricio Bilbao. En la capital vizcaína fueron igualmente activos los contratistas: Enrique Panera y Roque Manterola que encargaron varios proyectos a Pedro Guimón, Benjamín de la Vía que colaboró con el arquitecto Pedro de Ispizua, o Dionisio Legorburu que trabajó con su yerno el arquitecto Hilario Imaz. Por lo que el registro puede resultar de ayuda para establecer relaciones entre propietarios y diferentes profesionales de la construcción.

En determinado casos el propietario no siempre se corresponde con el promotor que gestiona los trámites ante el consistorio municipal, que habitualmente se suele asociar con el dueño. De hecho puede suceder que el promotor sea el constructor, la sociedad inmobiliaria, el arquitecto, un representante del propietario, o un familiar de este, sin que los archivos habituales lleguen a constatar de manera fehaciente la propiedad final del inmueble.

No obstante, hemos de tener en cuenta que el incipiente desarrollo de la propiedad horizontal a partir de mediados de los años veinte en Bilbao y otras ciudades, que se fue acrecentando en años posteriores, especialmente tras la Guerra Civil, propició un cambio de la propiedad de una o pocas personas a tantas propiedades como viviendas existían en un inmueble. De hecho el estudio del registro de la propiedad permite constatar este cambio en el modo de habitar la vivienda, que fue parejo al desarrollo de sociedades inmobiliarias como principales promotoras de la construcción de alojamientos, que protagonizaron igualmente un cambio transcendental en la construcción de la ciudad.

En el caso de Bilbao hemos podido constatar que la compraventa de pisos estuvo presente a partir de 1921 y 1922. En años siguientes, en 1924 y 1925, el condominio de casas por pisos se extendió, llegando incluso a tener cierta notoriedad, de tal manera que a partir de 1926 se empezaron a recoger los datos de la propiedad horizontal hasta entonces ignorados (Muñoz Fernández 2011, 488). En la mayoría de los casos los compradores eran clases medias, familias de trabajadores especializados, o con un sueldo que permitiese afrontar la compra de la vivienda en la que, en la mayoría de los casos, habían estado residiendo hasta entonces.

En aquellos años todavía seguían siendo mayoritarias las promociones impulsadas por constructores o particulares. Pero la nueva situación de crisis y de comienzo de la propiedad horizontal, propició que algunas empresas inmobiliarias empezaran a estar presentes en la construcción de la ciudad, que durante los años de posguerra, fueron cada vez más habituales hasta que se generalizaron en la promoción y construcción de alojamientos. Así sucedió, por ejemplo, con la compañía «Bilbaína de Edificación S.A.» cuya presencia se repite en varios inmuebles consultados en el registro. La información registral nos indica igualmente que la sociedad fue fundada por Amadeo Deprit Lasa en 1940, con la que habitualmente colaboró el arquitecto José María Sainz Aguirre. Durante estos años se crearon otras sociedades de construcción como: «Inmobiliaria Indauchu», «S.A. Inmobiliaria Previsa», «Construcciones E. Macazaga» del constructor Esteban Macazaga, «Inmobiliaria Begoñesa» del ya mencionado constructor Enrique Panera y muchas otras (Muñoz Fernández 2011, 733).

El registro de la propiedad puede ofrecer diferente información sobre la construcción de los edificios. Excepcionalmente pueden encontrarse referencias al tipo de suelo en el que se erigió el inmueble. Así sucede con la casa de vecindad de la calle Elcano 14 que el contratista Benjamín de la Vía encargó a Pe-

dro de Ispizua y se registró en junio de 1947: «El terreno del emplazamiento de esta nueva obra de es de construcción arcillosa, de buena resistencia» (RPB. Libro 212, folio 135, finca 3495).

La información de registro más habitual hace referencia al tipo de distribución de los inmuebles. En consecuencia, en caso de que no se conserven los planos originales del proyecto, podemos conocer el planteamiento originario que ha podido ser alterado con el paso del tiempo. Sobre la casa de vecindad de Alameda de Recalde 48 encargada por Patricio Bilbao a Manuel María de Smith, y erigida entre 1931 y 1932, por lo que se presenta como uno de los primeros ejemplos de arquitectura racionalista de la ciudad (Paliza 1988, 341), podemos leer:

> Toda la estructura es de hormigón armado. Consta de un sótano o almacén con acceso por la planta baja, otro sótano en el que se hallan instaladas las carboneras de los pisos y la maquinaria del ascensor, la planta baja con una lonja a la derecha, otra destinada a vivienda de portería con dos dormitorios, cocina, trastero y un retrete, y otra lonja izquierda que da acceso al sótano. Consta de siete pisos con dos viviendas. Las viviendas primera a sexta (…), tienen hall, cinco dormitorios, comedor, sala, cuarto de baño, dos retretes, cocina, office y despensa. Y las de séptimo, cuatro dormitorios, un retrete, cocina y despensa (RPB. Libro 248, folio 13, finca 6909).

En las distribuciones se puede constatar el tipo de estancias que era habitual en cada época y en cada residencia. De hecho el salón solo era habitual en residencias acomodadas, mientras que el comedor era la pieza más destacada en el resto de las viviendas. Aunque en otros alojamientos más modestos y de menor superficie se prescindía de él. La casa de vecindad de Licenciado Poza 65 propiedad de las hermanas Urriz que Antonio de Araluce erigió entre 1935 y 1938:

> Consta de planta baja y siete pisos, la planta baja destinada a lonjas y los pisos divididos cada uno de ellos en dos viviendas independientes, la mano derecha consta de vestíbulo de entrada, comedor, tres dormitorios, cuarto de baño, y cocina hasta el sexto, y el séptimo consta de de vestíbulo, 3 dormitorios, W.C., y cocina (RPB. Libro 267, folio 185, finca 758).

Y el inmueble de la calle Pérez Galdós 32 erigido por Pedro de Ispizua a instancias de Francisco Aguiriano entre 1935 y 1936 se distribuye en: «los cinco primeros pisos: tres dormitorios, cocina, water-closet y pasillo y las viviendas del piso sexto dos dormitorios, cocina y water-closet las exteriores, y de tres dormitorios, cocina y water-closet las interiores» (RPB. Libro 263, folio 238, finca 7410). Como hemos podido comprobar, también son habituales a las diferenciaciones entre el retrete o w.c., un espacio mínimo con un equipamiento básico, y el cuarto de baño, un espacio más amplio para la higiene.

Uno de los elementos constructivos que se repite de manera habitual es el tipo de cimentación y estructura utilizada. El uso de hormigón armado se suele subrayar, lo que nos indica que se trataba de un elemento de calidad, seguramente frente a construcciones de madera con mayor peligro de incendio. Era además un material totalmente consolidado en la construcción de la ciudad en la década de los treinta. Aunque en determinados casos, y dependiendo del tipo de construcción y la época, la cubierta y, en menor medida, la caja de escalera, todavía podían ser de madera. En los años veinte y en los primeros años de la década de los treinta, es posible encontrar estructuras de madera en cubiertas y cajas de escaleras, que son menos habituales en los años cuarenta. En la vivienda de Alameda de Recalde 32, esquina con la calle Colón de Larreátegui propiedad de Vicente Senosiain que fue erigida por Tomás Bilbao entre 1929 y 1931 (figura 4):

> A excepción de la cubierta que es de madera, la estructura del edificio lo mismo exterior –es decir fachadas– que interiormente, crujías y patios, es de hormigón armado tanto en soportes como en tableros de pisos, sobre cimentación asimismo de hormigón armado, los muros que constituyen las medianerías y patiejos así como los de la caja de escalera son de hormigón en masa y con armaduras en los puntos convenientes. En las fachadas y el patio central el muro de relleno o elemento pasivo está hecho de ladrillo, en la fachada el muro se forma con asta y media de este último material, los muros del patio central son de asta entera de ladrillo grueso. La distribución interior está hecha en base de tabique sencillo o dobles (…) La escalera [es] de madera de roble con todos los elementos como pilastras, puertas de ingreso de ascensor etc. talladas ricamente (RPB. Libro 235, folio 1, finca 6516).

La cubierta de madera también estuvo presente en otra vivienda más modesta de la calle Aretxabaleta 2, encargada por Roque Manterola a Pedro Guimón que fue erigida entre 1934 y 1935 para su posterior venta



Figura 4
Tomás Bilbao. 1929–31. Casa de vecindad en la calle Alameda de Recalde 32, esquina Colón de Larreátegui.

por pisos: «La construcción aun a falta de detalles, es en los cimientos, paredes medianiles, postes, y vuelos de hormigón y la cubierta de armazón de madera y teja» (RPB. Libro 259, folio 42, finca 7271). En otra propuesta de Guimón en Colón de Larreátegui 48 y 50 erigida entre 1935 y 1939:

> Su construcción consiste en cimentación de hormigón, también de hormigón todo el levante, postes, planta de los pisos, caja de escalera, y armadura del tejado, las divisiones interiores de ladrillo, entablación, puertas y ventanas de madera, baldosa en cocinas, baños y retretes. Cubierta de teja plana (RPB. Libro 263, folio 229, finca 7406).

Como hemos podido observar las referencias al tipo cerramientos y divisiones, que solían ser de ladrillo, también son habituales. Tal es el caso el inmueble de Doctor Areilza 22 y 24 también de Guimón (1945–6): «La construcción es de hormigón armado en entramados, pisos, escalera y caja para el ascensor. Alzado de asta y media de ladrillo hasta el primer piso, el resto de asta entera» (RPB. Libro 260, folio 230, finca 7311). En otros casos se detalla la presencia de cámaras de aire en los tabiques exteriores, especialmente en inmuebles erigidos a partir de la década de los cuarenta. Sirva de ejemplo la promoción en María Díaz de Haro 59, Autonomía 64, 66 y 68 que fue encargada por «Bilbaína de Edificación» a José María Sainz Aguirre y se construyó entre 1942 y 1944:

> Estructura de la casa es de hormigón armado, muros de hormigón en masa con armaduras en los puntos convenientes, en la fachada se forma el muro con asta entera de tabique grueso formando una cámara de aire, así como en los laterales (RPB. Libro 275, folio 117, finca 8007).

En ocasiones podemos encontrar referencias de detalles constructivos utilizados en las fachadas como revoques, cubriciones, balcones, miradores y otros elementos. La anotación del inmueble de Doctor Areilza 46 y 48 (figura 5), propiedad de Félix



Figura 5
Pedro Guimón. 1931–2. Casa de vecindad en la calla Doctor Areilza 46 y 48.

Ugarte y Agapita Zabala construido por Guimón entre 1931 y 1932 nos indica:

> Toda la estructura, levante y suelos son de hormigón armado, las dos fachadas, la delantera y la zaguera son de ladrillo fino y ordinario revocado, según lo exige la composición decorativa. La fachada principal lleva miradores de fábrica y además balcones con antepechos alternados de piedra artificial o de hierro forjado componiendo la decoración. La fachada posterior lleva balcones corridos con antepechos modernos de ladrillo y tubos (RPB. Libro 257, folio 8, finca 7208).

De igual forma, la información registral del inmueble ya mencionado de Alameda de Urquijo 9 nos informa que:

> La construcción de la casa en sus cimientos, armazón, cubierta y cielos rasos es de hormigón armado, las paredes exteriores hasta el primer piso de granito pulimentado y el resto de alzado de ladrillo de Valladolid y piedra artificial. La escalera principal es de mármol y la de servicio de mármol artificial.

El ladrillo rojo de Valladolid fue un material muy habitual en determinadas fachadas de los edificios de la capital. En algunos proyectos, en aquellos con mayor presupuesto, el ladrillo podía ocupar toda la fachada exterior, aunque era más habitual que su uso, en base a paños de reducido tamaño, se alternara con zonas enjalbegadas. En la mayoría de inmuebles fue habitual que las fachadas se recubrieran con estucos de cemento. Asimismo la piedra chapeada, de mármol o artificial, podía recubrir la planta baja y el primer piso de los inmuebles y, de manera excepcional, toda la fachada. Así sucede con el antiguo edificio de Seguros Aurora ubicado en la Plaza Moyúa 4 proyectado por Manuel I. Galíndez y erigido entre 1935–9 (Susperregui 2000, 54–59) (figura 6): «estando revestidas las fachadas de granito hasta el piso segundo, y todo el resto de piedra Escobedo» (RPB. Libro 270, folio 62, finca 7706). Por otra parte, la fachada del inmueble ya citado de calle Diputación 6, esquina Rodríguez Arias: «es chapeada de piedra en planta baja y primer piso y el resto de ladrillo». Mientras que las fachadas de la casa de vecindad de Alameda de Recalde 31:

> (…) llevan un zócalo chapeado de mármol gris de Deva, del mismo material son las columnas, entablamento y balcón que constituyen la portada de ingreso a la casa. Exceptuando esta parte de mármol gris de Deva, todo el paramento de fachada hasta la altura del piso principal segundo de los destinados a vivienda– está construido con un chapeado de piedra de Escobedo, desde esta altura hasta el remate, y con excepción de los balcones, balaustres, antepechos, etc., que son de piedra artificial, las fachadas están estucadas con cemento blanco y arena de mármol.

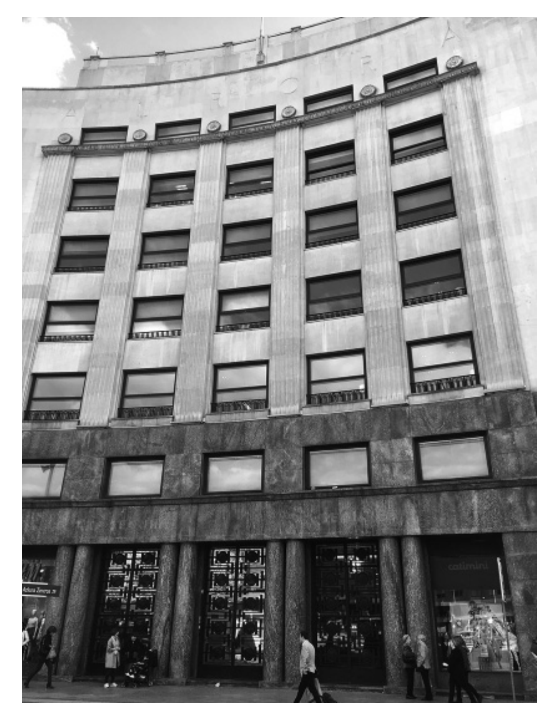


Figura 6
Manuel I. Galíndez. 1935–9. Edificio de la compañía Seguros Aurora en la Plaza Moyúa 4.

En consecuencia, el registro de la propiedad también puede indicar la procedencia de algunos materiales utilizados en la construcción de la ciudad: el ladrillo de Valladolid, que se sumaba al producido en la provincia, canteras de piedra de Escobedo (Cantabria), de mármol de Deba (Gipuzkoa), aunque también se utilizó el de Markina y Mañaria (Bizkaia).

Otra información habitual es el tipo de materiales utilizados en los pavimentos. En los portales de acceso, dependiendo del tipo de proyecto, son comunes gradas y suelos de baldosa, granito o mármol natural o artificial. Asimismo las paredes pueden aparecer chapeadas con azulejos o mármoles de distintas cali-

dades. Siguiendo con el ejemplo del inmueble de Alameda de Recalde 32 podemos leer: «El portal cuya puerta de ingreso es de hierro laminado combinado decorativamente, va chapeado en suelos y paredes de mármol de distintas calidades combinados».

La baldosa está igualmente presente en cocinas y baños, además de los azulejos a cierta altura y en las zonas más susceptibles de ensuciarse. Mientras que la madera ocupa el resto del entarimado: los dormitorios, el comedor, el salón si lo hubiera, la zona de ingreso y pasillos. En el comedor, el espacio más noble de la vivienda, la madera también se utilizaba como paneles de pared de media altura en base a tableros y tablillas de madera de distinta calidad, generalmente de Ocume, pero también de roble, castaño o nogal.

En el edificio antes citado del arquitecto Tomás Bilbao: «Los pavimentos de las distintas piezas son de baldosa o baldosín de gres o de madera de pino, según su destino, y las paredes destinadas a cuartos de baño, cocinas, retretes, etc. van chapeadas de azulejo de distintas clases y diferentes alturas», y continuamos leyendo: «Las piezas destinadas a comedor tienen paredes empaneladas con tableros de madera de roble contrachapeadas en todos sus detalles con molduras del mismo material». En la promoción de María Díaz de Haro 59, Autonomía 64, 66 y 68 a la que ya nos hemos referido: «Las entablaciones son de madera de roble de primera calidad, empanelados del mismo material y marquetería de castaño. Escalera de roble». En la casa de vecindad de Doctor Areilza 46–48 citada con anterioridad: «los suelos son de pino tea colocados sobre el hormigón. Las cocinas y cuartos de baños embaldosados y con arrimadero de azulejo». Por otra parte, en el inmueble de Colón de Larreátegui 39 encargado por los hermanos Buesa al arquitecto Raimundo Beraza, erigido entre 1936 y 1938: «los suelos son de roble y caoba en liso y parquet» (RPB. Libro 269, folio 186, finca 7687).

Los entarimados de parqué y el linóleum fueron menos habituales, como también lo fueron los pisos recubiertos de corcho. Uno ejemplo de piso de corcho es la Clínica del Doctor Legorburu en la Alameda de Recalde 24, que fue encargada por el contratista Dionisio Legorburu a Hilario Imaz, se erigió entre 1935 y 1936, y fue ampliada por Germán Aguirre entre 1956 y 1959.

La construcción es de hormigón armado en cimentaciones, medianiles, postes, vigas, cargaderos y suelos de los pisos primeros, segundo y techo del segundo, siendo la cubierta de uralita. Las paredes y fachadas medianiles van recubiertas interiormente en toda la superficie con planchas de corcho. La distribución interior es de tabiquería de ladrillo, el ensamblaje exterior de hierro, el interior de madera extranjera, y las puertas de Okume. Se hallan pavimentados los dos pisos con losetas de corcho.

El corcho está igualmente presente en la casa de vecindad de la calle Buenos Aires 4, que Benjamín de la Vía inicialmente encargó a Juan de Madariaga, que tras su exilio en México completó Fernando de Arzadun entre 1938 y 1942 (Sanz Esquide 1986, 47–49): «La construcción en su cimentación, pilotes (…) y estructura es de hormigón armado, todo el hormigón forrado de corcho y pisos de madera sobre el corcho» (RPB. Libro 255, folio 238, finca 5708).

En determinados casos podemos encontrar referencias a los materiales utilizados en ensamblajes: puertas y ventanas. Habitualmente la puerta exterior a la calle solía ser de hierro forjado, y las ventanas y puertas de madera de diferente calidad, siendo el pino, al igual que en los pavimentos, el más común. En el edificio erigido por Pedro de Ispizua en Elcano 14 ya comentado: «los ensamblajes exteriores en madera de castaño, llevan persianas arrollables de madera en sus correspondientes cajas cubre rollos y los interiores en madera de pino y castaño». Por otra parte en el inmueble de Tomás Bilbao en Alameda de Recalde 32: «todos los huecos de la fachada y parte de los patios llevan cierres arrollables de madera».

En contadas ocasiones las ventanas podían ser metálicas. No obstante en Bilbao «Talleres Elejabarri S.A.» e «Hijos de J.A. Muguruza» se dedicaba a la fabricación de muebles metálicos para oficinas, así como puertas y ventanas del mismo material. De hecho Muguruza, con sede también en Madrid, fue la empresa encargada de la fabricación de la carpintería metálica del Real Club Náutico de San Sebastián, que José Manuel Aizpúrua y su colaborador Joaquín Labayen erigieron entre finales de noviembre de 1928 y finales de agosto de 1929[7].

Las anotaciones en el registro de la propiedad pueden terminar haciendo referencia al tipo de equipamiento del inmueble, especialmente la existencia de ascensor y calefacción, que podía ser de carbón y, menos habitualmente, de fuel-oil. Aunque se trataba de comodidades que tan estaban presentes en los edificios y viviendas más lujosas.

Sobre la Clínica del Dr. Legorburu podemos leer: «El edificio tiene instalación de ascensor, porta camillas, instalación eléctrica oculta, servicio de retretes, baños, lavabos, bidets, agua caliente y calefacción con quemador de fuel-oil». La casa de vecindad de la calle Ercilla 8, propiedad del ingeniero José María de Olabarría que erigió Emiliano Amann entre 1932 y 1933, también contaba con servicio de ascensor y el mismo sistema de calefacción: «En el sótano se han instalado el motor del ascensor eléctrico, la central de calefacción y depósito de petróleo fuel-oil» (RPB. Libro 263, folio 64, finca 7346). Otro tanto podemos leer en la casa de vecindad de Alameda de Recalde 31, donde además encontramos referencias al tipo de instalación eléctrica:

> (…) las viviendas están provistas de instalaciones de agua fría y caliente para los distintos servicios, instalación de calefacción con calderas emplazadas en las viviendas, si bien independientes de los hogares de las cocinas. Instalaciones de luz y timbres de luz embutidos en los muros y corridos en tubo Bergmann, y teléfono de las distintas viviendas a la portería.

En suma, el registro de la propiedad es una fuente a tener en cuenta en la historia de la construcción de los bienes inmuebles construidos en España a partir de 1861. La información registral puede ser relevante cuando no se ha conservado otra fuente documental sobre un inmueble determinado, o este ha desaparecido o ha sido reformado.

El análisis del registro de la propiedad de Bilbao nos ha permitido concretar el tipo de información que podemos obtener sobre diferentes edificios que, posiblemente, sea habitual en los registros de otros municipios. Por una parte, las fincas registradas nos proporcionan información sobre la propiedad, también del desarrollo de la propiedad horizontal, el precio de los inmuebles, a la vez que la fecha de inscripción puede ser orientativa para fijar una posible datación del edificio. Excepcionalmente, las anotaciones pueden acompañarse de la profesión del propietario, o hacer referencia al encargo a un arquitecto determinado. En el caso de que la profesión del propietario sea contratista o representante de una sociedad inmobiliaria puede ser de gran utilidad para concretar su relevancia en la construcción de un municipio determinado. Asimismo esta información puede permite hacer un seguimiento de las colaboraciones entre diferentes propietarios, contratistas y arquitectos.

Por otra parte, en las anotaciones del registro podemos encontrar referencias a la distribución de los inmuebles, y conocer el tipo de distribución y piezas habituales en un edificio de una época concreta, que se han ido cambiando y adaptando a las necesidades de cada momento. Resulta especialmente relevante la información relacionada con diferentes elementos y detalles constructivos. Podemos encontrar referencias al tipo de cimentación y estructuras utilizadas, mayoritariamente de hormigón armado. También son habituales datos sobre los materiales de las cajas de escaleras, cubiertas, tabiques, tratamientos de las fachadas, revestimientos externos e internos, pavimentaciones, carpinterías e incluso equipamientos. En ocasiones las referencias a los materiales utilizados nos dan cuenta de su procedencia, lo que nos puede ayudar a concretar, por ejemplo, las principales canteras que, en este caso, abastecían a la capital vizcaína.

En definitiva, los registros de la propiedad ofrecen información relevante de diferentes inmuebles que, junto con otras fuentes, nos ayudan a completar la historia de la construcción. Al mismo tiempo proporcionan datos que resultan de utilidad a la hora de acometer la conservación o restauración de un edificio determinado. Por todo ello, los registros de la propiedad se presentan como un instrumento destacado en la historia de la construcción.

Notas

1. Francisco Javier Muñoz Fernández es profesor del Departamento de Historia del Arte y Música de la Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), y el presente artículo se inscribe dentro del proyecto de investigación «La definición de la sociedad de masas. Bilbao, un engranaje urbano, 1910–1936» (HAR2016-76759-P) financiado por la Agencia Estatal de Investigación del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) de la Unión Europea.
2. La ley se aprobó el 8 de febrero de 1861 (*Gaceta de Madrid*, 41, 10 de febrero de 1861, p.1.) y su reglamento fue aprobado el 30 de junio (*Gaceta de Madrid*, 181, 20 de junio de 1861, p.1.) COMPROBAR FECHAS NO SON COINCIDENTES. La ley y el reglamento, que fueron impresos con posterioridad, se vendieron en el Ministerio de Gracia y Justicia y librerías especiali-

zadas de Madrid. Asimismo, a partir de diciembre, la *Revista General de Legislación y Jurisprudencia* empezó a publicar la ley concordada y anotada.

3. En el folio registral se pueden realizar varios tipos de anotaciones, como el asiento de presentación, el asiento de inscripción, la anotación preventiva, la nota marginal o la cancelación. El asiento de presentación se realiza en el Libro Diario del registro por el registrador para anotar los documentos presentados, dejando constancia de la fecha de la presentación. Por otra parte, la anotación preventiva está sujeta a un plazo de caducidad y se utilizara para proteger derechos que todavía no son firmes o para dar publicidad a decisiones judiciales o administrativas determinadas. Estas anotaciones se extinguen por cancelación, por caducidad o por su conversión en inscripción. Los tipos más habituales de anotaciones preventivas son: de demanda, de embargo, de prohibición de enajenar, de demanda de incapacidad, de derecho hereditario, de legados, de defectos subsanables que impiden la inscripción, etc. Las cancelaciones son los asientos de extinción de inscripciones o anotaciones. Mientras que las notas marginales se realizan al margen de los asientos, inscripciones, anotaciones o cancelaciones para indicar algún hecho secundario que afecta al inmueble o derechos inscritos.
4. Asimismo resultan de utilidad para inscribir los títulos que constituyan, transmitan, modifiquen o extingan los derechos sobre los bienes inmuebles como hipotecas, declaraciones de usufructo, uso, servidumbres, vuelo y otros; los contratos de arrendamiento, subarriendos, cesiones y subrogaciones; los títulos de determinadas concesiones administrativas o determinados bienes de dominio público.
5. La Clínica del Doctor Legorburu en la confluencia de las calles de Alameda de Recalde 24 y Henao, erigida por Hilario Imaz entre 1935 y 1936, debido seguramente a la Guerra Civil, se inscribió en diciembre de 1940. Archivo Histórico Foral de Bizkaia (AHFB). Bilbao. Fomento. 1937-EE-126-22bis. Registro de la Propiedad de Bilbao (RPB). Libro 261, folio 167, finca 7335.
6. RPB. Libro 248, folio 81, finca 6927. Ignacio M. San Ginés (1995, 51) data la obra en 1929, pero teniendo en cuenta el desarrollo de la arquitectura racionalista en Bilbao y la obra de Tomás Bilbao, dudamos de que sea así.
7. Al poco tiempo, a partir del primer trimestre de 1932, la empresa se anunció en la registro *AC*, seguramente por intermediación de Aizpúrua, con una fotografía del propio arquitecto en la que aparecían las ventanas abiertas del náutico. Aunque «Hijos de J.A. Muguruza» no fue la única empresa que se dedicó a la fabricación de ensamblajes metálicos. Existían otras casas comerciales, como el taller mecánico de carpintería de «Ramón Gaztelumendi», en el municipio guipuzcoano de Irún, que también se publicitó en la misma revista, posiblemente como consecuencia de alguna colaboración con Aizpúrua. Arxiu Històric del COAC (AHC). GATCPAC. Resums econòmics de la revista AC.

Listado de referencias

Del Cueto Ruiz-Funes, J.I. 2014. *Arquitectos españoles exiliados en México.* México DF: Bonilla Artigas.

Juaristi, J. y M. Pino. 2011. *A cambio del olvido*. Barcelona: Tusquets.

Mínguez, J.A. 2005. *Pedro Ispizua arquitecto*. Bilbao: COAVN.

Muñoz Fernández, F.J. 2011. *Arquitectura racionalista en Bilbao (1927–1950). Tradición y modernidad en la época de la máquina*. Bilbao: UPV/EHU.

Paliza Monduate, M.T. 1988. *Manuel María de Smith Ibarra arquitecto 1879–1956.* Salamanca: Bizkaiko Foru Aldundia.

Rivas Palá, M. Fondos de registros de la propiedad en los archivos históricos provinciales. *Boletín Amabad*, 1–2, 1982, 71–76.

San Ginés, I.M. 1995. *Tomás Bilbao. Obras*. Bilbao: COAVN.

Sanz Esquide, J.A. 1986. La arquitectura en el País Vasco durante los años treinta. En *Arte y artistas vascos de los años 30*. Libro catálogo de la exposición. Donostia: Gipuzkoako Foru Aldundia.

Susperregui, J.M. 2000. *Manuel I. Galíndez arquitecto*. Bilbao: COAVN.

Afectaciones en edificios históricos expuestos al fenómeno de subsidencia: Museo de la insurgencia (Aguascalientes, México)

José Muñoz Muñoz

México es un país que posee un gran número de edificios históricos a lo largo y ancho de su territorio, como producto a las diferentes culturas que han habitado estas tierras durante la historia del ser humano en el planeta. Gracias a la historia de la nación, las edificaciones antiguas se dividen en dos grandes grupos: las construidas durante el México prehispánico y el resto de las construcciones que datan de la época colonial y los primeros años del México independiente.

Como parte de las construcciones coloniales que fueron conquistando el territorio nacional durante el periodo colonial se ubican numerosas haciendas, casas ganaderas y agrícolas producto del reparto de tierras por parte del virreinato de la Nueva España.

Historia de edificio histórico

Un ejemplo de lo mencionado en la introducción es la hacienda de San Blas (hoy Museo de la Insurgencia), edificio histórico ubicado en la comunidad de Pabellón de Hidalgo (ubicado a 38 kilómetros de la capital del estado Aguascalientes), en el municipio de Rincón de Romos, en el estado de Aguascalientes, México.

La fecha exacta de construcción de la ex-hacienda se desconoce, pero se estima que fue construida en el siglo. Al paso de los años, la hacienda se convirtió en una de las más importantes de la región, prueba de esto es que en el siglo XVII alcanzó más de sesenta mil hectáreas de superficie (Ramírez-Hurtado, 2010), lo que le dio un importante poder al latifundio. Constaba de un número importante de edificaciones además de la casa grade, las cuales actualmente se conservan en ruinas, como se muestran en la figura 2.

Además de su extensión, la localización ayudó a aprovechar todos los recursos naturales de la zona. Ubicada en posición noroccidental de la Sierra Fría (cadena montañosa actualmente protegida como reserva natural de la zona, rica en flora y fauna de la región), tenía a su disposición una importante superficie de pastizales para la crianza de ganado, así como actividades de cultivo, en la figura 3 se pueden observar los restos de alguna edificación que se estima fue un almacén del grano, producto de las cosechas de la época. Así mismo, la hacienda estaba localizada en los principales caminos de acceso de aquellos siglos, pues comunicaba a la villa de Aguascalientes con la Ciudad de Zacatecas, importantes puntos de comercio en los cuales la hacienda podía ofrecer sus productos agropecuarios.

El abastecimiento de agua fue indispensable para el desarrollo de la hacienda, por lo que en las inmediaciones de la hacienda se ubicaban algunas para el almacenamiento de agua, la cual provenía de manantiales ubicados en las cercanías. En la figura cuatro se muestran los restos del muro contenedor de algún cuerpo de agua, ubicado muy cerca del actual museo.

En el año de 1811, la guerra de independencia de México se desarrollaba a un año después de su inicio. El ejército insurgente marchaba debilitado por la



Figura 1.
Fachada principal del museo de la insurgencia



Figura 2.
Restos de una construcción antigua ubicada un lado de la casa grande, (a) exterior, (b) interior de la construcción



Figura 3.
Construcción abandonada, que se cree se usaba como almacén de grano



Figura 4.
Muro de contención para obra de almacén de agua

derrota en la batalla del puente de Calderón en la ciudad de Guadalajara. En su intento por llegar a Estados Unidos con el fin de recuperar fuerzas y con la hacienda de San Blas de paso, el dueño Don Bernardo Iriarte decidió dar asilo a las fuerzas insurgentes, estas descansaron en el recinto los días 24, 25 y 26 de enero de 1811, fechas en que arribó el General Ignacio Allende para sostener una reunión con los líderes del movimiento. Como resultado de las derrotas sufridas por el ejército insurgente, el Cura Hidalgo fue obligado a renunciar al mando del ejército, siguiendo incorporado al ejército. (Ramírez-Hurtado 2010, 24).En la figura cinco se muestra la sala donde se llevó acabo a reunión, así como un mural que trata de recrear la escena.

Con el paso del tiempo y por diferentes razones, lo dueños de la casa grande comenzaron a vender terri-



Figura 5.
Salón donde se realizó la reunión en el año de 1811, hoy sala del museo

torios y con ello priorizaron en actividades para el cultivo, por lo que en el año de 1870 se adquiere maquinaria para la producción y el manejo de maíz, trigo, sal y otras semillas para el aceite (Ramírez-Hurtado 2010, 26). Dichos trabajos fueron realizados en el granero, ruinas que se muestran en la figura 2. Finalmente, hacia principios del siglo XX, la actividad ganadera y agrícola de la hacienda desaparece, motivo que se desconoce, pero es probable que el movimiento de la revolución mexicana, iniciada en el año de 1910, tuviera un importante peso en el abandono de la hacienda. En los años siguientes los restos de la hacienda se mantuvieron deshabitados hasta el año de 1932, pues la antigua hacienda se convirtió en el periodo de 1932 a 1962 en la primera escuela federal de la comunidad (Ramírez-Hurtado 2010, 36).

Con respecto a los dueños de la hacienda, la prensa local relata que se cree que el primer propietario del latifundio fue el capital español José de la Peña Durán. Para 1811, el dueño era Bernardo de Iriarte y los últimos dueños, antes de que se fraccionara la hacienda fueron los señores Carlos y Luis Barrón. La hija de uno de ellos, Felisa Barrón de Escobedo, quedó como heredera del casco, mismo que vendió al gobierno federal cuando este se interesó en conservarlo (Morales Jr. 1963).

En el año 1960, como preparativo para los festejos del sesquicentenario de la independencia de México, el presidente en turno Adolfo López Mateo incentivar a nivel nacional el rescate de elementos y edificios históricos relacionados con el acontecimiento mencionado. A nivel estatal, en el año de 1962, el profesor Enrique Olivares Santana tomaba el cargo de gobernador del estado de Aguascalientes. Al publicar su plan de gobierno contemplaba la transformación de la casa grande de la hacienda en un monumento histórico, hecho que relata el periódico el sol del centro.

Con motivo del 152 aniversario del paso del cura Hidalgo en la hacienda de San Blas, el gobernador del estado decidió hacer una visita personal a la hacienda. Este recorrido aconteció el día 24 de enero de 1963. El periodista Ramón Morales Jr., escritor del periódico *El sol del centro*, relata la situación del lugar: «La vieja casona esta semiderruida. Los techos amenazan con desplomarse y hay necesidad de poner puertas, pisos y pintura nueva. Restaurarla, en suma».

La restauración consistió, según notas de la prensa local, en derribar los techos que amenazan con venirse abajo, sustituirlos con la técnica moderna de aquel periodo procurando mantener el aspecto antiguo, simulando las viguetas de madera. En la figura 6 se



Figura 6.
Ruinas de edificios aledaños a la casa grande

muestran algunas ruinas que nos ayudan a observar el tipo de materiales y técnicas utilizadas en aquellos tiempos. El salón donde se reunió el cura Hidalgo con los jefes del movimiento insurgente se conservará intacto (Ramírez-Hurtado 2010, 32).

A mediados del año de 1963 se comenzaron los trabajos de remodelación. Posteriormente se dio a conocer que el presidente de la nación, el licenciado Adolfo López Mateos realizaría una visita a la ciudad de Aguascalientes los días 16 y 17 de octubre del 1964, lo que se definió la fecha del sábado 17 de octubre para la inauguración del inmueble, con el fin de que el mandatario cortara el listón simbólico. Y así fue, en la fecha prevista el presidente López Mateos, realizó una breve visita al sitio, para cortar el listón y dar una visita a las diferentes habitaciones del museo. (Ramírez-Hurtado 2010, 61).



Figura 7.
Patio trasero del museo que se conserva intacto

La subsidencia en el valle de Aguascalientes

El territorio mexicano se caracteriza por ser una superficie de múltiples altiplanos a lo largo y ancho de su extensión, teniendo como principales estructuras naturales a las cadenas montañosas identificadas como sierra madre oriental y sierra madre occidental. El paso de miles de años y los distintos procesos naturales dieron pie a la creación del valle en la zona que se ubica entre ambas sierras, formado por sedimentos de tipo granular, alivia y lacustre, los cuales funcionan como un medio de almacenamiento de una cantidad importante de agua en el subsuelo (Pacheco-Martínez et al, 2013).

La necesidad por obtener el vital líquido en lugares semidesérticos incentiva la creación de pozos de extracción, con el fin de obtener el agua del subsuelo, único medio para este tipo de clima semiárido, ocasionando un nuevo sistema de esfuerzos aplicado al subsuelo el cual no tiene la misma capacidad de carga que contaba cuando tenía agua almacenada.

Cuando el hombre habita este tipo de terrenos afectados, aplicando pesos considerables de las múl-

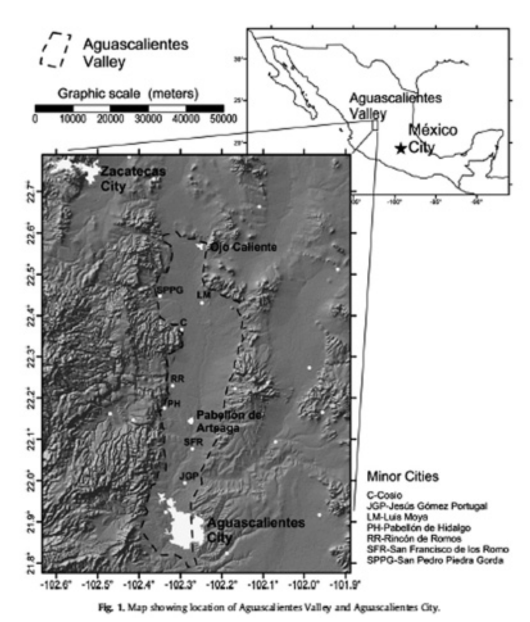


Figura 8.
Ubicación del estado de Aguascalientes, Mex. (Pacheco-Martínez et al, 2013)

tiples obras de infraestructura, se obtienen fracturas y hundimientos paulatinos en el subsuelo causando múltiples daños a la infraestructura, desde le agrietamiento en estructuras de mampostería hasta el desnivel en instalaciones hidráulicas provocando un mal uso e inundaciones de las mismas.

La ciudad de Aguascalientes, capital del estado del mismo nombre, presenta todas las características necesarias para el desarrollo de este tipo de fenómeno geológico, en la figura 8 se ubica en el mapa nacional, así como se puede observar la formación del valle entre las cadenas montañosas. Asentada en el valle del bajío mexicano y teniendo un clima semiárido, el excesivo bombeo de agua del subsuelo ocasiona agrietamientos y fracturas, hundimientos diferenciales, así como una reactivación de fallas geológicas pre-existentes en el terreno de la ciudad. (Pacheco-Martínez et al, 2013).

Desde el año de 1980 se comenzaron a monitorear sitios afectados por grietas en la ciudad (Aranda y Aranda 1985). Con el tiempo y mayor cantidad de estudios, se ha llegado a obtener hundimientos anuales de hasta 10cm en las zonas más afectadas del estado de Aguascalientes (Pacheco-Martínez et al, 2015).

Afectaciones en el Museo de la Insurgencia a causa del fenómeno de subsidencia

El poblado de Pabellón de Hidalgo es afectado por una falla que atraviesa una importante zona de la ciudad, la cual se puede observar en la figura 9. En dicha discontinuidad se han comenzado a observar hundimientos a lo largo de los años, también provocados por la extracción de agua del subsuelo al encontrarse en un territorio alejado de la ciudad capital, rodeado de zonas de cultivo.

Como se observa en la figura 9, la falla afecta al museo de la insurgencia atravesándolo en dirección de norte a sur, dañando las estructuras principales del museo, como son los muros, arcos y bóvedas, mostrado en la figura 10. En la edificación se observa daños materiales importantes como los que se muestran en la figura 11. Los daños provocados se han intentado resolver en base a la colocación de juntas frías en la construcción (mostradas en la figura 12), con el fin de permitir el movimiento de la estructura sin someterla a esfuerzos que produzcan un mayor daño al in-



Figura 9.
traza de la falla que afecta a la población de pabellón de hidalgo (SIFAGG 2017)

mueble.

La solución de colocar juntas frías permite retardar los daños estructurales que se presentan tras los hundimientos diferenciales, pero es evidente que la estructura se sigue dañando en menor cantidad. Por otro lado, de tiene una ligera apertura al colocar la junta fría, lo cual ocasiona que ingrese un poco de



Figura 810
Daños en el Museo de la Insurgencia



Figura 11.
Daños en infraestructura y edificaciones en el poblado de Pabellón de Hidalgo



Figura 12.
Métodos actuales que permiten al edificio retrasar el daño

agua en temporada de lluvias, y algo de polvo por las corrientes de viento que provienen de los alrededores.

En la figura 13a se puede observar una imagen de los testigos colocados por Montalvo Herrera publicada

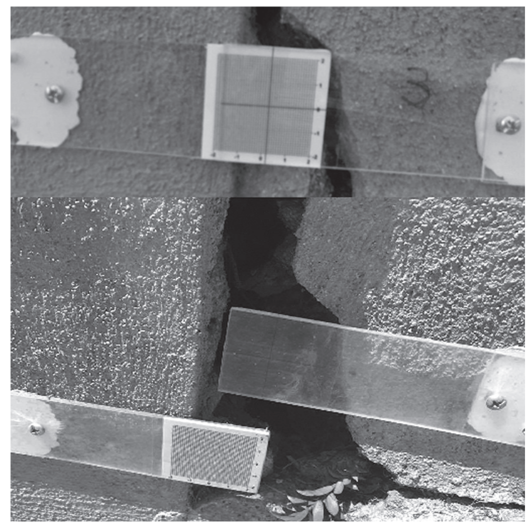


Figura 13.
Imágenes de testigos, (a) en el año de 2012, y (b) 2017

en su misma tesis sobre las afectaciones al museo, con el fin de comparar con la figura 13b, tomada por el autor de este articulo con el fin de observar los desplazamientos que se presentaron al paso de 5 años.

La falla igualmente se presenta en las construcciones alrededor del museo, en edificaciones que también eran parte de la hacienda pero que fueron abandonadas y destruidas con el paso de los años. En la figura 14 podemos observar los daños provocados por la falla en restos de edificaciones con más de cuatrocientos años de vida. Se presenta la grieta en muros y pisos, en el primer muro el agrietamiento presenta inclinación, mientras que en la figura 16 se observa la grieta sin inclinación ocasionada probablemente por el muro perpendicular que se observa en la misma foto.

Conclusión

Se concluye que tanto los materiales utilizados para la construcción en el siglo XVII como los actuales no están diseñados para adaptarse a este tipo de accidentes geológicos. Se puede observar en las imágenes donde se registran los daños que todos los materiales utilizados (adobe y mampostería) ofrecieron una resistencia mínima ante tal accidente.

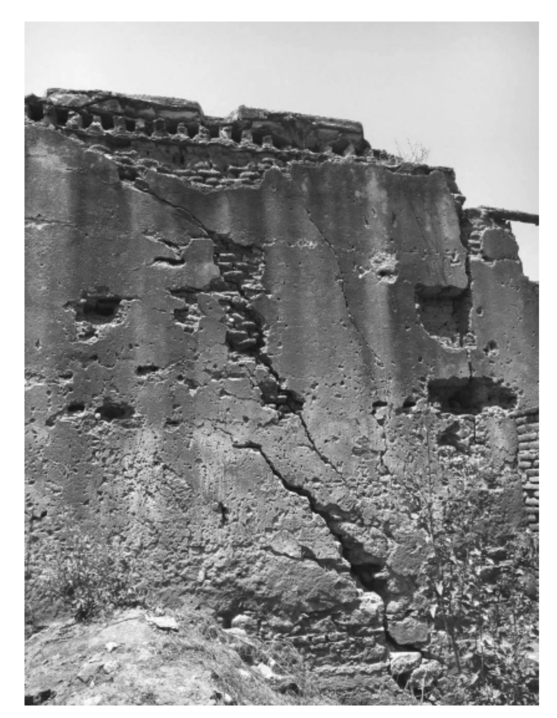


Figura 14.
Daños en muro sur de ruinas ubicadas a un costado del museo

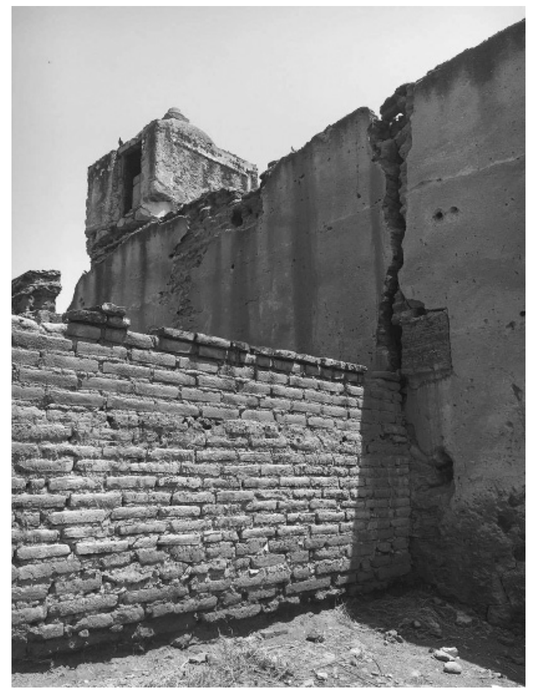


Figura 16.
Daños en piso de ruinas ubicadas a un costado del museo



Figura 15.
Daños en muro norte de ruinas ubicadas a un costado del museo

Los edificios históricos poseen un valor incalculable para la sociedad, por ello es necesario el desarrollo de nuevas tecnologías para la protección y mantenimiento de este tipo de inmuebles que tienen afectaciones relacionadas al subsuelo, con el fin de lograr que persistan un máximo posible para poder ser observados por las nuevas generaciones.

Notas

1. La información de las publicaciones de Ramón Morales en el diario *El sol del centro* se analizarán como citadas en el libro de Luciano Ramírez Hurtado, identificando éste como primera fuente a lo largo de la comunicación.

Lista de referencias

Aranda Gómez J. M. y J. J. Aranda Gómez J.J. 1985. *Análisis del agrietamiento en la ciudad de Aguascalientes*. México: Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Pacheco Martínez, J., E. Cabral Cano, Shimon Wdowinsk; M. Hernández Marín, J. Á. Ortíz-Lozano, M. E. Zermeño de León. 2013. Application of InSAR and Gravimetry

for Land Subsidence Hazard Zoning in Aguascalientes, Mexico. *Remote Sens*. 7, 12: 17035–17050.

Ramírez Hurtado L. 2010. *Historia del Museo de la Insurgencia de Pabellón de Hidalgo y los murales de Alfredo Zermeño*. México: Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Zermeño de León, M. E., A. Solís Pinto. 2013. Land subsidence and ground failure associated to groundwater exploitation in the Aguascalientes Valley, Mexico. *Eng. Geol*. 164: 172–186.

—. Sistema de fallas geológicas y grietas; Mapa de Pabellón de Hidalgo, Aguascalientes, http://www.aguascalientes.gob.mx/sop/sifagg/web/mapa.asp (consultado el 5 de junio de 2017).

Puente-arco atirantado de 1903 en el balneario de Sobrón (Álava), batido por aguas bravas

Gabriel Muñoz Rebollo

Pasarela peatonal en Hormigón Armado (HA) que, realzada por el modernismo de su traza y ornamento, ejecuta Gabriel Rebollo Canales con su sistema patentado

El autor del Puente Blanco de Sobrón, Ingeniero de Caminos, nacido en Segovia en 1871 y fallecido en Madrid en 1941, manifiesta su profesionalidad en el conocimiento innovador y la finura de estilo que evoluciona y perfecciona en sus trabajos, desde el puente de La Peña (Bilbao) como antecedente con Hennebique, el ferroviario Olloqui-Leizarán –original por la forma de su arco– y las Miguelas (Huesca), intervención urbana culmen de su notoria carrera mostrada en CHAHC (Segovia, 2015) (figura 1).

Crónica en el tiempo de un lugar agreste en las hoces del Ebro, de pasado reconocido desde el Eneolítico pero de futuro incierto en el siglo XXI

La naturaleza fragosa de Sobrón entre cañones, gargantas, cuevas, y ríos que el ser humano ocupa en la edad del bronce, ampara también en el desfiladero[1] el primer castillo del Condado de Álava en el año 852. A mediados del siglo XIX –1866– los emprendedores donostiarras Solana e Inciarte sustituyen la vieja Casona de La Salud[2] por un prestigioso balneario que prosperó en el siglo XIX por el alto potencial curativo de su agua bicarbonatada, hasta que a inicios del XX acusó los impactos de los conflictos bélicos, la incertidumbre de un pantano aguas arriba finalizado en 1965, y el cambio de régimen en 1975 que alteró la estabilidad de las Residencias Sindicales[3] por la nueva propiedad Foral. La Sociedad originaria recurrió en el siglo XXI a modernizar la zona con una gestora especializada en SPA[4], pero la idea se truncó ante desavenencias y falta de subvenciones.

Las termas medicinales, de moda en Europa, alcanzaron en Sobrón un gran éxito al embotellar[5] su «Vichy», de igual composición y características que el francés, lo que permitió a la empresa invertir en infraestructuras para cruzar al manantial de Soportilla[6], acercando y ampliando la categoría del emporio reconocido en premios y medallas de oro obtenidas. Las propuestas de 1900 llevaron a inaugurar una pasarela en 1903 como elemento diferenciador del balneario, causando orgullo por su distinguido trazado entre propietarios, bañistas y bebedores, y admiración entre los transeúntes de tan idílico asentamiento. Época esplendorosa de Sobrón Bajo o del Río[7] que termina en febrero de 2015, cuando el ímpetu del agua aliviada entre los labios variables de la esclusa superior del embalse cercenó la estructura de su vano central que hoy pende como vestigio, medio suspenso en el aire medio sumido en el cauce, en espera de rehabilitación (figura 2).

La vizcaína Baños y Aguas de Sobrón y Soportilla, S. A. consideró el cruzar el Ebro un festejo de final de siglo que acababa con las barcazas. Las hoces, territorio vertebrado por el Iber, eran franqueadas en Sobrón por lanchas para acceder desde Lantarón a la orilla opuesta, lindante con Bozoo, Burgos, desde los

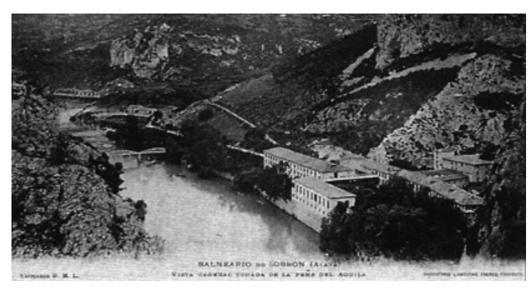


Figura 1
Postal recuerdo. Vista del balneario con el puente al fondo desde la Peña del Aguila.



Figura 2
Etiqueta de «Vichy Español». Agua embotellada bicarbonatada exportada a Cuba.

embarcaderos particulares, durante más de cincuenta años de usufructo. Ante la inaccesibilidad al manantial los socios encargan un paso peatonal al Ing. de Caminos Ramón Elósegui**,** Director del puerto guipuzcoano de Pasajes, cuyo proyecto obtiene licencia del Gobierno Civil de Álava el 30 de junio de 1900, y en el que en sus tres arcos rebajados de fábrica tradicional y sillares en las embocaduras, supera la línea máxima de crecida por el nivel medio de sus dovelas y resuelve las diferencias de cotas en los accesos inclinando el tablero y con escalinatas.

Hitos clave en los intereses de Sobrón fueron la construcción de su puente en HA por la *Rebollo, Estibaus y Compañía* en 1903 y su espectacular semirruina en 2015

La Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) conserva documentos del centenario proyecto que cambió la fisonomía del establecimiento termal[8]. Su ingeniería, en propuesta de Rebollo, marca tres innovaciones que contrastan con la solución más clásica de Elósegui en el contexto de la arquitectura insuficiente y pobre del balneario: material, técnica, y diseño. La tipología Bowstring en HA como sujeto activo, junto a las cerrajerías y el estilo modernista, envuelven conceptualmente la originalidad y energía del proyecto que, analizado también bajo la eficaz directriz del Ingeniero en Obra, intuye la difícil relación con el daño evitable que causara el accidente ciento dos años después, por la forma, dibujo, construcción o ubicación de sus elementos.

Las claras ventajas de construir en Hormigón Armado frente a la más lenta y de mayor precio en mampostería, ladrillo o hierro, por la mala conservación en la coyuntura húmeda y agresiva de su ubicación, motivan la asignación al especialista Gabriel Rebollo, que publicita bajo Patente de Hennebique su infraestructura del tranvía de Durango en Bilbao, y le convocan conscientes de la dificultad que entraña Sobrón (figura 3).

Cuando Rebollo formaliza el encargo de la obra, ésta ya había arrancado en el lecho del río con la fundación de estribos y tajamares. Ante un caudal de fuertes avenidas periódicas (importante la acaecida en 1871) mantiene la cota máxima de 5,70 m sobre el nivel mínimo en estiaje obligado por la topografía fijada de Elósegui, de cimbras de longitud 22,40 m, luz 20 m, con barras verticales espaciadas a ejes 1,50 m, 12 huecos, y 2,20 m en los finales, y



Figura 3
Ambiente social en el balneario. La llegada del ómnibus de Miranda se refleja en la colección de grabados del *Libro de Recuerdos* editado por el balneario.

pilas de 5,40 m de altura libre (tronco piramidal en proyecto) resolviendo los andamiajes auxiliares y condiciones de plazos y presupuesto con Rebollo & Estibaus (figura 4).

Su línea de diseño destaca por la unión de los arcos, los accesos y la rampa, al formar un conjunto homogéneo en tan especial ámbito geográfico. Al servicio de las fuentes minerales y de la comunidad rural ubicada en el desfiladero, su función es limitada, pero su material y estilo, anticipados en fecha, indican que el Ingeniero Rebollo concibió la elegante pasarela con propósito artístico, es decir, acorde al paisaje y la armonía de los paseos y convivencias sociales del balneario, y al gusto de los que asiduamente los frecuentaban, asistiendo formalmente la traza parabólica del arco atirantado con una visible ornamentación que entusiasma a bañistas y visitantes conocedores del talante y el signo modernista por la arquitectura de sus ciudades de origen, cuando la ingeniería trataba de despegar del eclecticismo en igual proceso de superar el roblonado en la construcción en hierro (figura 5).

La tipología Bowstring permite un mayor caudal en el cauce al liberar totalmente el vano con sus arcos elevados sobre el tablero. De su estancia en París importa Rebollo el tratamiento del concreto de cemento armado para su estructura de arco atirantado (muy extendida en las construcciones en acero), y su elección en la primera década del siglo resulta pionera cuando su conocimiento lo compagina con el movimiento cultural del Art Nouveau, pues es-



Figura 4
Reflejado en aguas tranquilas. El puente desde Soportilla encuentra la Residencia LF Oriol bajo la agreste peña. (Postal escrita, propiedad del autor)

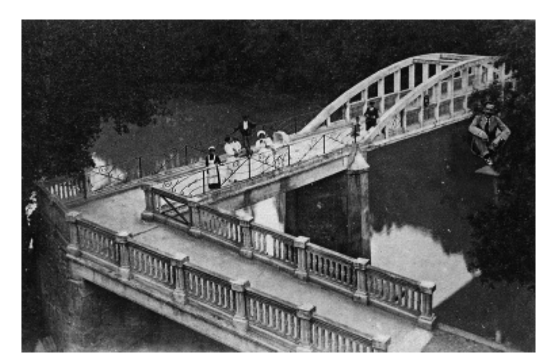


Figura 5
Visión aérea del Puente con la rampa y sus barandas en primer término y la pila que muestra su esbeltez. (Postal escrita y timbrada, propiedad del autor)

tando los cimientos del Proyecto Elósegui comenzados sobre roca viva y con ello fijado el planteamiento geométrico en planta, introduce cambios como la esbeltez de las pilas y su rebaje –altura libre a 5,50 m del tajamar– frente los 7,00 m a la clave del arco (figura 6).

Eleva los arcos sobre el tablero, deja rectangular y diáfano el vano y suaviza el nivel de la rampa a 1,50 m de cota, cambiando la solución impuesta por Elósegui de arco/calzada superior inclinada como en el medievo. El cordón superior o arco parabólico de 65 cm de canto encierra las barras de diversa altura: 2,24 m centro y 0,65 m inicio, y transmite su esfuerzo a los extremos, que lo estabilizan en su unión con el cordón inferior o viga horizontal tirante, de 20 m libres y 30 cm de canto, que lo ata y tensa sobre un apoyo libre de tan solo 50 cm. Las riostras transversales, próximas a la clave, mantienen los arcos equidistantes en equilibrio estable contra el viento y las mareas fluviales.

Al Ing. Gabriel Rebollo se le gratifica como «precursor» y por proyectar y ejecutar en HA con atención extrema a remates y encuentros: biseles de aristas, estrías en pilastras, bajorrelieves en barras, molduras en pasamanos y cajeados para el acople de barandas y antepechos, así como por su cuidado y esmero en la valiosa cerrajería de forja, labor en verjas de protección y cierres de huecos en barandas del arco tratadas como unidad conceptual, que resulta por su belleza sorprendente en la estética de los detalles.

Figura 6
Planos de la CHE a escala 1:100. Comparativa de los tramos de fábrica de Elósegui y de hormigón armado de Rebollo. Alzado, acotado y firmado.

El Ingeniero Rebollo Canales interviene en la pasarela en sus inicios como empresario, al dejar la Sociedad Hennebique, desde su destino en Denia (Alicante)

Como Director de la obra de Sobrón y Presidente de la constructora creada al efecto: «Rebollo, Estibaus y Compañía, Sociedad Comanditaria», investiga en el campo del HA. Termina su carrera en Madrid a los 25 años –promoción de 1896– pero en la Escuela se inicia publicando un primer artículo en la Revista de Obras Públicas en el que examina el problema de los caminos vecinales, continuando ya desde Hennebique la divulgación de: El Caudal**,** puente de Mieres; La Ceres[9], Bilbao, edificio industrial, primero en España; y La Peña, Bilbao, puente de su construcción en HA (figura 7).

En el campo del nuevo material patenta y registra sus invenciones como el «Sistema de Viga Armada» en la Oficina Internacional, privilegio a sus proyectos que ejecuta según el programa que pide la propiedad: movimiento de personas de salud frágil, cercanía a los manantiales, aumento del vano, ahorro de material al rebajar cotas de altura y adelgazar pilas y extender paisaje y terreno con la alameda burgalesa que suple en Sobrón la falta de espacio que influye

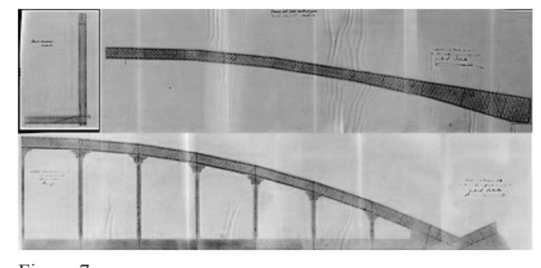


Figura 7
Armado de las vigas bowstring. Bajo Privilegio de G. Rebollo. Secciones transversal y longitudinal, y medio arco en su unión en el apoyo con el tirante. (CHE)

en el ánimo quejoso de los enclaustrados residentes.

El posgrado parisino introduce a Rebollo en la industria del HA y le forma como Delegado en la comercialización, propuestas y presupuestos del idóneo producto que ofrece a Ingenieros y Arquitectos de prestigio, de los que él aprovecha su conocimiento y erudición. No obstante, al practicar la empresa gala procedimientos experimentales en demasía en menoscabo de la investigación científica, termina su relación, pues la falta de rigor producía desasosiego entre los profesionales.

Las deficiencias en la exploración e inspecciones del HA las atenúa Rebollo en alianza con su socio, el Ingeniero Industrial Carlos Estibaus, que como experto –le acredita su formación en la Escuela de Barcelona– en las incipientes fábricas del hierro y el cemento, eleva el listón del cálculo y control matemático minucioso en las labores de dosificación de la pasta; cuantía, calibre y cercos envolventes del acero; vertido y fraguado de la mezcla; y «ebanistería» del encofrado (figura 8).



Figura 8
Pancartas sobre los arcos. Puede leerse: CONSTRUCCIONES EN HORMIGÓN ARMADO - SISTEMA REBOLLO 1903

Gabriel Rebollo Canales prepara su propia andadura en el mundo empresarial y continúa investigando desde su nuevo destino oficial en el Ayuntamiento de Denia, al no interferir –ni su estudio ni sus contratos– la compatibilidad concedida por Fomento, la plaza de Director del Puerto Marítimo y facultativo de sus obras de malecones y escolleras, al ser en piedra de cantera, facilitando en paralelo ocuparse de otras obras en hormigón armado (figuras 9 y 10).



Figura 9
Elementos constructivos. Revelan el diseño creativo del autor en las pilas de apoyos, estribos y barras estriadas y cajeadas.



Figura 10
Ornamento y decoración. Pilastras molduradas reciben los antepechos de balaustres; vista de las traviesas en el tablero y de las riostra en el arco.

Tras sus altas puertas de hierro se contempla el paso de los bebedores hacia el agua sanadora de Soportilla y su alegre retorno

Icono de prestigio, el cuadro del puente conmemora la reputación de la terma romana de Sobrón por su origen y calidad del agua en el cambio de siglo. Indicios arqueológicos del balneario aseguran el uso y explotación en la antigüedad de las fuentes de agua saludable a las que, tras la concesión de los acuíferos, se accedía en barcazas a la toma prescrita, metódica y repetitivamente. Trasvase naviero entre orillas que la pasarela revolucionó con su ancho tablero de 3,20 m protegido por bellos antepechos en hormigón –fabricados in situ– y decoración modernista –forjada en hierro– en los encuentros de los arcos.

La arquitectura general de los edificios con más de 50 años era de poco interés, aunque su interior estuviese bien dotado y decorado con gusto, por ello una ingeniería idónea puso en valor todo el conjunto al

aplicar materiales óptimos al «Sistema estructural propio», en una estética apreciable del dibujo de dos «arco atirantado», cuya traza parabólica y sus trece barras verticales cierran el puente, junto a las riostras perpendiculares arriba y el tablero abajo. La fuerza que transmite la suma del peso propio y el uso del tránsito solicita al arco que retiene solidario la viga-tirante en ambos extremos, anulando cualquier empuje lateral, dentro de las dificultades del armado en los comienzos por la precariedad de los Altos Hornos. Rebollo registró en Sobrón la invención de zunchos en espiral y utilizó barras flexibles en sus péndolas de San Miguel (Huesca). Imaginación y talento de los pioneros que, obligados a emplear railes u otros flejes inadecuados –J.E. Ribera armó El Golbardo de 30 m luz, con perfil doble T– engrandeció sus obras.

Coherente la Dirección de la Estación de Baños con el deseo de mejorar la categoría y unidad del conjunto, evidencia su bonanza económica levantando una imagen representativa que le saca del ámbito constreñido de río/montaña en expansión a la despejada margen opuesta del Ebro, posible por la alta ocupación del balneario y por la elección de la constructora, que recae en personas de excelentes referencias. Su socio en Rebollo y Estibaus, Carlos Estibaus Echánove –nieto del Ing. de Caminos Echánove Ginea, natural de Vitoria e hijo de Estibaus Goizueta, Ingeniero colaborador del Ferrocarril del Norte (ROP 1856) y del telégrafo eléctrico en Bilbao–, era conocido en el ámbito empresarial, y Rebollo, artífice en 1898 del pionero Puente de La Peña en la ría bilbaína, disfrutaba de prestigio como corresponsal de la Revista Obras Públicas.

La respuesta es una obra que añade a la solución que presentara el año anterior Ramón Elósegui dos tramos de arcos tipo bowstring en HA, y que al elevar los arcos por encima del tablero, además de evitar la corrosión en circunstancias de humedad, amplía el vano en un rectángulo diáfano cuya dimensión diagonal no obstruye el paso de grandes troncos, origen del taponamiento de la pasarela, que atirantada por tableros de 22,50 m de longitud –21 m de luz– más la viga recta de 10,25 m, recrea el estilo artístico que Rebollo asimiló en París (figura 11).

La pieza proyectada para Sobrón, que nos dejó un auténtico «Manual de Cálculo» en su Memoria, evolucionó a un modelo sofisticado de «puente urbano» en San Miguel (Huesca). La nueva pasarela le sirvió de guía a Rebollo para su aportación técnica más preciada al HA en el Isuela diez años después donde introduce la triarticulación del arco sostén de cuatro grandes péndolas, pues el trance de Sobrón –normalmente premontado en hierro– debió complicar su resolución en un lugar incómodo para montar y prefabricar cimbras encofrados, precisando los diseños y cálculos que puntualizó en su Memoria. Las hipótesis y comprobaciones científicas de gran interés ante el riego de crecidas del Ebro y sus afluentes se registran en 11 epígrafes (39 páginas): Consideraciones Gª, Descripción, Pesos, Cargas y Coeficientes, Cálculos, Viguetas, Vigas principales y Riostras, Esfuerzos al viento y cambios de temperatura, Pilas y Estribos y Pruebas. Aportando también: mejoras en los arranques del puente, estribo de la orilla burgalesa; rampa propia de enfermería en sustitución de las escaleras que acusaban el desnivel existente; y mantener la «escalera conventual» –3 tiros de 6 peldaños de estilo clásico de balaustres– antigua bajada al embarcadero. Y construye el estribo que como apoyo se quiso evitar al empotrar el arco cajeado en la roca.

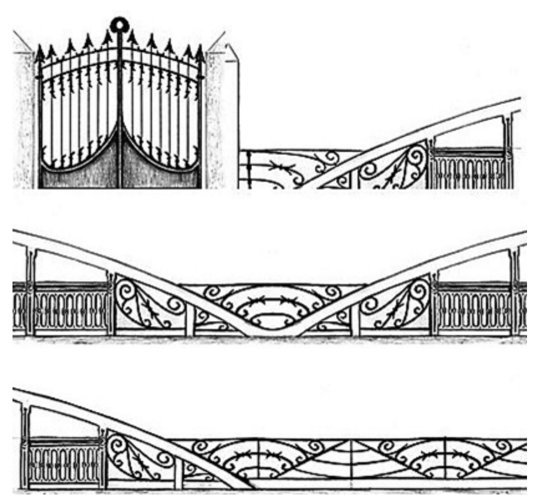


Figura 11
Trabajos modernistas en hierro forjado. Dibujo de la puerta (abatido al plano de la barandilla en su inicio sobre el arco) y los cierres de los huecos. (Realizado por Almudena Fudio Muñoz 2017)

El Proyecto cumple lo estipulado por la propiedad: seguro, económico y de fácil mantenimiento, y las expectativas sociales de la época: cómodo, grácil, y elegante. La moda en Europa del Establecimiento de

Baños demandaba confort y tranquilidad, en el gusto de la estética en boga, requiriendo técnicas modernas como el «Sistema Privilegiado de HA» que Rebollo ofrece para superar la convencional piedra, ladrillo, o incluso hierro –estructuras como la Torre de 1899 de Eiffel–, pues el nuevo material armado se imponía con las Cédulas de Invención de ingenierías como la francesa de Françoise Hennebique.

En España, Gabriel Rebollo describe el suyo de «Armado de viga» y lo registra en la Oficina de Patentes obteniendo el privilegio de su correcta aplicación acorde al responsable cálculo matemático de dimensiones, cuantías, y características geometrías de la armadura –distribución, separación, atado, recubrimiento– de barras y pletinas en los elementos constructivos.

El arco tensado (Tied-arch) evita, como cuerda que ata y tensa el arquero, que se abra en sus apoyos al formar un conjunto sujeto por las vigas del tablero que recoge las cargas de las traviesas junto al peso propio, y las compensa atirantando al enviar la fuerza al apoyo verticalmente, sin empuje lateral, y por estribos y tajamares al lecho rocoso. Las pilas (de forma trapezoidal) de gran altura, 5,00 m + 0,50 m al superar el zócalo de la zapata, denotan su finura o esbeltez al frente, pues Rebollo en su Memoria recorta sus dimensiones respecto a las robustas fábricas de Elósegui, y al penetrar los estribos un trecho de 4 m en la orilla de Soportilla y 3 m en Sobrón.

Tras una larga lucha el agua rompe el puente abriendo el cauce

El tipo de apoyo y las riostras, características importantes en la estabilidad de los tramos del puente, son resueltos por «vigas arco atirantado». La sólida estructura de hormigón y hierro del puente de Sobrón realiza un asiento libre en el apoyo, sin empotramiento en él, pero en unión o coligados el arco con el tirante, que por la carga que soporta (mínimas en caso de peligro) y su propio peso, se rigidizan o tensan y contribuyen a atenuar asociadamente el empuje perpendicular de costado, oponiendo mayor extensión al ataque que si fuera hierro. No obstante, al quedar sumergido en todo su volumen, el agua que desplaza reduce su peso colaborando a su deslizamiento, una vez que la corriente rebasó las tupidas barandas durante quince horas en febrero de 2015 (figura 12).

Hasta su vuelco las dos vigas riostras de la pasarela hicieron bien su trabajo, manteniéndola erguida, pues el arco de vanguardia embestido por la turbulencia hubiera cedido sobre el compañero. La respuesta a la provocación del temporal es de una estructura rígida y monolítica que, apeada de la pila derecha, se fractura posteriormente, es decir al caer, pero no rompe o corta sus vigas por medio al impacto. Enredado a su gemelo el tramo cuelga expuesto como una afrenta (figura 13).

El Proyecto de Ejecución aportado por la CHE facilita planos y datos para definir el puente y comparar el armado con la estructura real, visible en el tramo quebrado. Descripciones de la Memoria, fotografías y apuntes obtenidos en visitas tras la rotura subsanan lo incompleto en los planos, y permiten apreciar detalles y modificaciones respecto al proyecto de Rebollo y la obra, verificando sus dibujos: equidistancia de las 13 barras, a 1,50 m, sobre la viga de 30 cm de canto y 20 cm de ancho; escuadría considerable para la resistencia del material resul-

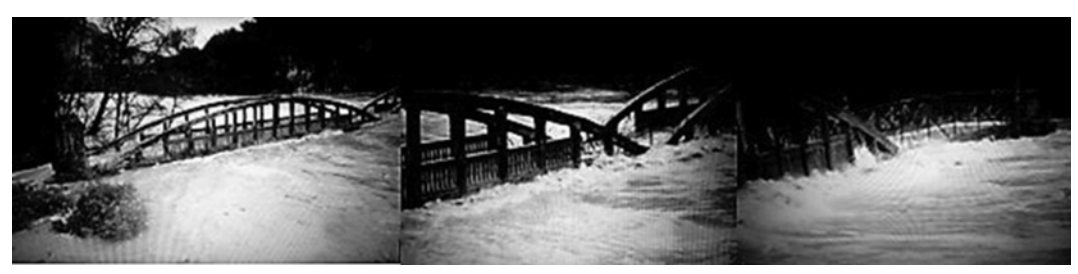


Figura 12
Película del envite. Con el Ebro al cuello el tramo central resistió hasta su amputación un caudal desconocido, la madrugada de San Cecilio, el 1 de febrero del 2015.



Figura 13
Como compuerta que gira sobre su tramo y abre las aguas. Rebasado su tablero, el empuje frontal lo orilla a la izquierda, precipitándolo al cauce.

tante, apta para el recubrimiento protector del hierro en clima perjudicial –heladizo–, que conforme al cómputo solvente del Ingeniero Industrial Carlos Estibaus eleva los índices de seguridad y mayora las cuantías. Estibaus evalúa y exige una producción aceptable a los Altos Hornos y Fabricas Portland; Rebollo dispensa en obra su celo en todas las labores técnicas de directivos, encargados y operarios: replanteos, alineaciones, remates, acabados y pruebas de recepción parciales y finales, procesando ambos una «ingeniería preferente de calidad» por el control propio.

«Puente roto en lecho fluvial»: instalación artística de hierros reconocibles en hormigón fracturado. Escultura a Sobrón por la ciclogénesis generada como Acta General de la zona y reflejo del comportamiento bizarro de la pieza, solo vencida por fuerzas incapaces de prever por su proyectista en los estudios previos de vientos, lluvias, nieves o sísmicos…, riesgos e hipótesis imprevisibles sesenta años antes de que se construyera el embalse. La política auspició que los edificios adaptados para Educación y Descanso pasaran en propiedad a la Autonomía causando por desinterés o imposibilidad de gestión, su abandono, saqueo, fuego, ruina y derribo, quedando de Sobrón, en un triangulo de subsistencia: un esqueleto abortado de perfiles del planificado Hotel Spa, un Puente semicaido y un Museo del Agua, y mermada su actividad turística.

Su estado semiderruido insta a la Administración a declarar Monumento-Bien de Interés Cultural su atractiva ingeniería, y a reconstruirla en breve

Las estructuras de Rebollo no son llamativas por sus grandes luces pero en su formato merece un reconocimiento. La proporción y el estilo de su dibujo, junto a la innovación funcional que aporta en el primer tercio del Siglo XX en los puentes de Sobrón y La Peña –seis tramos en 1898, inferiores a 25 m de longitud– no rivalizan con dicho parámetro. Su tributo es la técnica y el diseño que, en el puente de San Miguel, de igual luz, le valió en 2006 el premio del Gobierno de Aragón –BIC– por su Sistema de HA e imagen modernista (figura 14).



Figura 14
Matizando en blanco, verdín y marrón, las estaciones cubren sus restos del visible avance de la herrumbre en sus barras.

Tres primaveras han pasado clamando por su restauración, rodeando las hojas verdes el amasijo de hierros o cubriendo la nieve –rota su envoltura de hormigón– la expuesta estructura oxidada de los redondos de acero en arcos, traviesas, riostras… útiles para la toma de datos y el estudio comparativo con el tramo que se mantiene incólume, confrontando sus diámetros, empotramientos y atados (figura 15).

Dado el estado marginal y precario de la pasarela de Sobrón la protección oficial asignada a la Cultura apremia a su reconstrucción. En terreno lejano de las capitales se acomete una obra de ámbito privado –hoy pública-municipal– cuidada, refinada y costosa, aunque no pretenciosa, que conserva valores estéticos, patrimoniales, técnicos e históricos como posible «inmueble de interés cultural» nunca designado, y que pasa en el momento presente necesidad extrema pues nuevos embates a sus esbeltas pilas, que permanecen debilitadas a falta de media carga en su ábaco, provocarían su palmaria ruina. Crecidas sobrevenidas agravarían el grado de inestabilidad de los vanos vecinos que, desguarecidos del tramo sumergido, seguirían su nefasto ejemplo.

Única en su género, procede reponer la prestigiosa obra en su primitiva estructura y diseño constructivo, con visión conservadora en su condición histórica, contemplando las características específicas del catálogo universal: lugar, fecha, cliente, uso, escala, etc. propias de Sobrón: terreno fragoso, rio caudaloso, año 1903, peatonal, particular de paseo, pacientes de balneario, recorrido breve cercano, si bien lo significativo es considerar: centenario arco atirantado, pionero del HA, en elegante estilo modernista, partícipe de la acrecentada arquitectura temática hidroterápica de los balnearios europeos.



Figura 15
Generaciones de bañistas y senderistas cruzaron durante mas de un siglo las rejerías del luengo puente en sus a paseos a la Fuente de Soportilla. (Postal del AM Burgos)

Notas

1. Desfiladero del Ebro: 45 Km en zigzag, del Valle de Tobalina a 565 m de altitud, bajando a 471 m en Miranda de Ebro.
2. Cristóbal Salazar fue el primer propietario en 1858 de las Aguas de Sobrón, según atestigua la propaganda, al resultar positivos los análisis mineralógicos y construir un edificio en 1861 que incluía ambas fuentes de Sobrón y Soportilla.
3. Educación y Descanso: organismo sindical que dinamizó la zona con buenos resultados; transformó el antiguo Hotel Blanco junto a otros edificios del balneario para residencias de afiliados: Luis Fernando Oriol y Ortiz de Zarate.
4. Termaeuropa: empresa que se interesa e inicia la inversión en 2003 para la reapertura en 2005 de un Hotel SPA de 66 habitaciones, paralizando las obras programadas.
5. Los manantiales de Sobrón, caudal de 110 litro/min, y de Soportilla, doble de caudal, a $+21^{0}$ de temperatura, y componentes: bicarbonato sódico 1’30 g/l, calcio y magnesio para insuficiencias de estómago, hígado y riñón, fueron analizados por Ramón Llano en 1846 a encargo de la Diputación Foral. Declaradas las aguas en 1864 de Utilidad Pública, se embotellaron como Vichy Español 20 años antes que el Catalá.
6. Álava comprendía, y así figura en planos, el territorio de Soportilla de la margen derecha burgalesa.
7. Sobrón Alto, antiquísimo asentamiento a 3 Km del Bajo. En línea monte arriba (4,5 km por la carretera del baleario) y siguiendo el río, se sitúa el conjunto recreativo-deportivo Sobrón Playa.
8. Confederación Hidrográfica del Ebro (Zaragoza). Documentos que conserva sobre las pasarelas: a) Proyecto de fábrica, Ing. Ramón Elósegui. Un plano. 30 junio 1900. b) Proyecto en hormigón armado, Ing. Gabriel Rebollo, Sistema Rebollo (privilegiado). Memoria 39 pág. y anejo. Plano de alzado y 2 de estructura, 28 octubre 1902. c) Solicitud: Sociedad G. Solana e Inciarte, ante Gobernador Civil de Álava, para autorizar ejecución de puente de servicio particular, 30 junio 1900. d) Solicitud: Sr. G. Solana e Inciarte, ante G. C. para sustituir proyecto aprobado de puente de fábrica, por puente de hormigón, 26 febrero 1903. e) Oficio: remisión de expediente a Fomento del G. C. de Álava al Ing. J. de O.P. Bilbao, 3 marzo 1903. Con Informe 7 marzo, Ing. J. de O.P. demarcación Vascongada y Na-

varra, al G.C. de Álava. f) Diligencia: el Gobernador Civil aprueba lo propuesto, 9 mayo 1903.

9. Fábrica de harinas La Ceres (Bilbao): en el local visitable del edificio protegido –BIC, País Vasco– se aprecia su valor histórico.

Lista de referencias

Burgos Núñez, A. 2009. *Los orígenes del hormigón armado en España*. Madrid: CEDEX-CEOPU.

Cárcamo Martínez, J. y otro. 2012. *La Fábrica Ceres de Bilbao*. Bilbao: Colegio Aparejadores y AT. de Vizcaya.

Casas Gómez, A. 2012. *Andalucía. Guía de Obras Públicas*. Colegio de Ing. de Caminos.

Elósegui, R. 1900. Ing. Puerto de Pasajes, S. Sebastián, firma el «Alzado, aguas arriba».

Ferrer Marsal, J. 1994. *El Puerto de Denia, una ilusión de progreso*. Valencia: Generalidad Valenciana.

Martín-Nieva, H. 2000. *La introducción del hormigón armado en España: las primeras patentes registradas en este país*. Madrid: I. Juan de Herrera.

Muñoz Rebollo, G. 2017. «El Puente-arco de San Miguel, magia en la Huesca de 1912». *ROP*, 3583: 50–73.

Navarro, Feliciano. 1905. «Sobre los puentes de Olloqui y Olazar». Tomo ¿? – 12 –1–1905, y Puentes de hormigón armado. *Revista de Obras Públicas*, 53, tomo 1: 9–1912.

Navarro Vera, JR. 2001. *El Puente Moderno en España: 1850–1950. La cultura técnica y estética de los Ingenieros. Tomo II*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

Peel, C.; Vique, L. 2009. *La imagen del hormigón armado ¡HA! 1893–1936*. Mº de Fomento.

Peña Amaro, y otros. 1999. *Rebollo Dicenta, José, Arquitecto de Córdoba*. COA Andalucía Oc.

Ramos Gorostiza, y otro. 2008. «Las ideas económicas de los Ing. de Caminos: La ROP (1853–1936)». *Investigaciones de Historia Económica* Vol. 4: 27–28. Madrid: UCM.

Rebollo Canales, G. 1901. «Construcciones de hormigón armado sistema Hennebique». *Revista de Obras Públicas*, 48, tomo 1 (1340): 197–200; y otros.

Ribera, J. E. 1925–1932. *Puentes de Fábrica y Hormigón Armado*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

Sáez Ridruejo, F. 1983. «Los primeros ingenieros de caminos (1799–1839). Los fundadores del cuerpo». *ROP*, 130 (3213): 369–378.

Romero Muñoz, D. y Sáez Sanz, A. 2012. «Gabriel Rebollo y sus Puentes norteños». *Catálogo exposición* «Puentes Arco en España». *CEHOPU.*

Seser Pérez, R. 1998. *Arxiu del Port. Denia. 1836–1969*. Ayuntamiento de Denia.

Las baídas de hiladas en cruz de El Escorial

Pau Natividad Vivó

En el monasterio de San Lorenzo de El Escorial existen cuatro bóvedas baídas de cantería ejecutadas mediante hiladas en cruz, es decir, hiladas cuyas juntas, vistas en planta, dibujan una serie de cruces (Rabasa 2000, 203; López Mozo 2009, 213-214 y 229). Parece ser que el autor de estas baídas fue un cantero llamado Pedro del Carpio, quien las construyó a finales de la década de 1560bajo la supervisión de los aparejadores Pedro de Tolosa y Lucas de Escalante. Algunos investigadores han denominado a las hiladas en cruz como «despiece en arista», debido a su semejanza con el despiece de una bóveda de arista (López Mozo 2009, 334). Se trata de una singular disposición constructiva inédita en otras baídas de cantería renacentistas de la geografía española (Natividad 2017, 2: 1-236) y que tampoco aparece en los trazados de cantería para baídas recogidos en los principales tratados y manuscritos de arquitectura de la época, como el Philibert De l'Orme (1567), Alonso de Vandelvira (ca. 1585) o Alonso de Guardia (ca. 1600) (Natividad 2017, 1: 41-192).

La baída en una escalera bajo las salas capitulares

Por orden cronológico, la primera bóveda baída construida con hiladas en cruz se levantó en una escalera que está bajo las actuales salas capitulares, en los sótanos del convento. Se trata de una escalera que hoy en día está cegada, pero que originariamente subía desde los sótanos y desembarcaba en el vestíbulo ubicado entre los antiguos capítulo y librería conventual, es decir, entre las actuales salas capitulares (Bustamante 1994, 29, 67 y 667). La baída es de dimensiones pequeñas, presenta planta cuadrada, sección rebajada y no tiene decoración (figuras 1 y 2).

No se dispone de información precisa sobre su autor o las fechas de su construcción. Ahora bien, algunos datos conservados en los libros sobre las obras escurialenses permiten plantear una hipótesis al respecto. Se sabe que el 25 de marzo del año 1567 se pagó a «Diego de Vandadas cantero 550 rls. porque labro a destajo para la dha obra dos capilletas sobre la escalera del medio dia que esta entre el capitulo y la libreria labradas y asentadas a su costa por los dos quinientos y cinquenta reales» (Bustamante 1994, 141). Las «dos capilletas» mencionadas en la información anterior probablemente sean las dos pequeñas baídas con despiece en damero que hay en la escalera bajo las actuales salas capitulares (Natividad 2017, 2: 137). Y puesto quela baída con hiladas en cruz se localiza junto a estas bóvedas, se podría suponer que todas fueron construidas en fechas similares, esto es, en 1567.

En cuanto al autor de la baída, quizá se podría pensar en Diego de Vandadas. Sin embargo, parece más razonable atribuirla a Pedro del Carpio pues, como a continuación se verá, este otro cantero fue el autor de las restantes baídas de hiladas en cruz de El Escorial. En base a esta hipótesis, cabría pensar que las bóvedas de la escalera bajo las actuales salas ca-

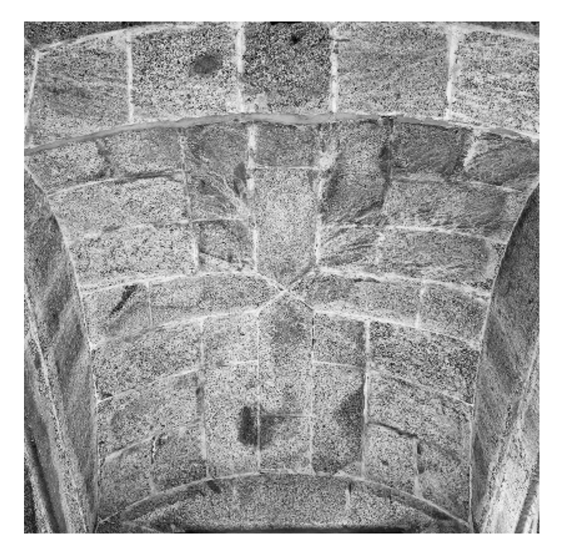


Figura 1
Baída de hiladas en cruz en una escalera bajo las salas capitulares

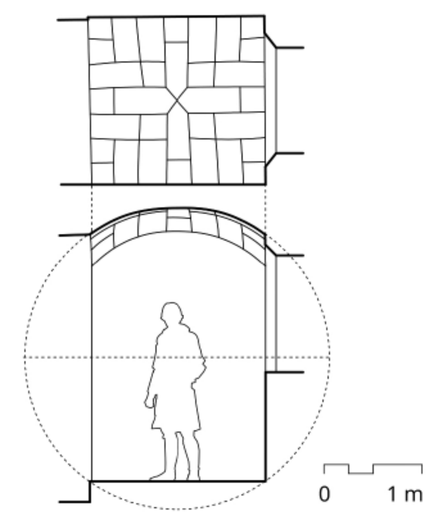


Figura 2
Planta y sección transversal de la baída de hiladas en cruz en una escalera bajo las salas capitulares

pitulares fueron construidas conjuntamente por los canteros Vandadas y Carpio, de modo que Vandadas habría cerrado las baídas con despiece en damero y Carpio la baída con hiladas en cruz (Natividad 2017, 2: 138). Dicha colaboración no sería en absoluto descabellada, pues se tienen noticias de que ambos canteros trabajaron juntos en otras partes del monasterio escurialense, por ejemplo, en 1566 en la iglesia de prestado (Bustamante 1994, 152).

La baída en el vestíbulo de una sala del convento

La segunda bóveda baída de hiladas en cruz se construyó en el vestíbulo de una sala del convento ubicada entre la cocina y la lucerna. Es una pequeña baída de planta rectangular y sin decoración (figuras 3 y 4). Al igual que en el caso anterior, existen algunos datos que permiten plantear una hipótesis sobre su autor y las fechas de su construcción. Se sabe que el 20 de febrero del año 1568 se pagó a «Pedro del Carpio cantero 1000 rls. por si y en nombre de sus compañeros... porque labro saco y asento a destajo en la dha obra a su costa de oficiales y peones... una bobeda que esta arrimada al çaguan del refitorio de la parte del poniente y parte de otra bobeda que esta a par della» (Bustamante 1994, 211). De esta información se deduce que Carpio fue el autor de las bóvedas de cañón rebajadas con lunetos apuntados que cubren las dos salas paralelas que hay entre la cocina y la lucer-



Figura 3
Baída de hiladas en cruz en el vestíbulo de una sala del convento

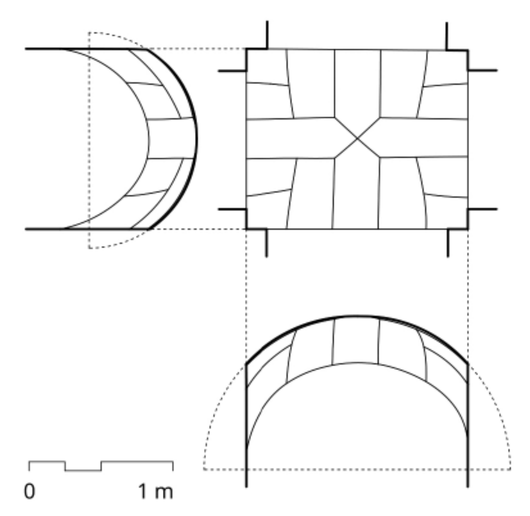


Figura 4
Planta y secciones transversales de la baída de hiladas en cruz en el vestíbulo de una sala del convento

na (López Mozo 2009, 229). Y dado que la baída se localiza en el vestíbulo de una de estas dos salas, se podría atribuir su autoría a este cantero, que debió construirla en las mismas fechas, esto es, en 1568 (Natividad 2017, 2: 143).

Conviene señalar, además, que justo al lado de esta baída se dispone otra, también de pequeño tamaño, despiezada por hiladas en equis (figura 5). Estas particulares hiladas en equis podrían entenderse como la aplicación de las hiladas en cruz giradas respecto de la planta (Natividad 2017, 1: 223). Su autoría se podría atribuir, una vez más, al cantero Carpio (Natividad 2017, 2: 144).

La baída en una sala del panteón de infantes bajo la torre del prior

La tercera bóveda baída de hiladas en cruz se levantó en una sala del panteón de infantes, en los sótanos del convento, justo debajo de la torre del prior, en la esquina sureste del monasterio. Esta baída presenta planta rectangular, sección rebajada y tiene su intradós decorado con unas molduras, a modo de pliegues, cuyo trazado simula los nervios de una bóveda de crucería de cinco claves. Sus juntas se adornan con unos perfiles dorados que se colocaron durante el siglo XIX en una reforma dirigida por el arquitecto Segundo de Lema y promovida por la reina Isabel II (Martín Gómez 1985, 906) (figuras 6 y 7).

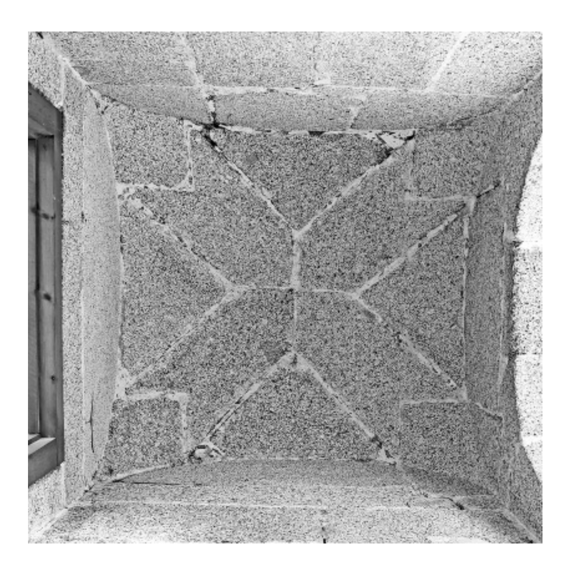


Figura 5
Baída de hiladas en equis en el vestíbulo de una sala del convento



Figura 6
Baída de hiladas en cruz en una sala del panteón de infantes bajo la torre del prior

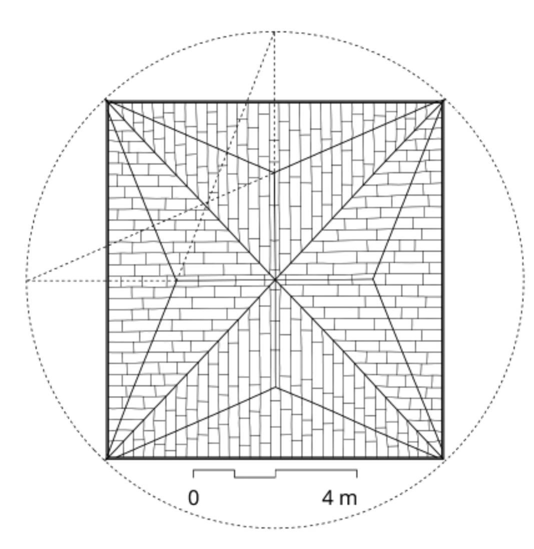


Figura 7
Planta de la baída de hiladas en cruz en una sala del panteón de infantes bajo la torre del prior

Sobre su construcción, se sabe que el 19 de noviembre del año 1568 se pagó a «Pedro del Carpio cantero por si y en nombre de Francisco Gonzalez y Pero Vazquez sus compañeros 2100 rls. porque sacaron labraron assentaron y reuocaron a destajo en la dha obra a su costa de oficiales y peones una bobeda de cinco aristas / o / claues en la torre de la esquina que esta en la librería… y quatro formas que hizieron en la dha bobeda» (Bustamante 1994, 226).Sin duda, la información anterior se refiere a la baída de la sala del panteón de infantes que está bajo la torre del prior, y esto se sabe por dos motivos: primero, porque dicha baída está decorada con unas molduras que simulan los nervios de una bóveda de crucería de cinco claves, y segundo, porque se tiene constancia de que la torre del prior se conocía también, en origen, como la «torre que viene sobre la Librería» (Bustamante 1994, 276). Por tanto, se puede atribuir su autoría a Pedro del Carpio, Francisco González y Pedro Vázquez, cuya obra terminaron en 1568 (Natividad 2017, 2: 139).

La baída en una sala del panteón de infantes

La cuarta y última bóveda baída de hiladas en cruz del monasterio de El Escorial se construyó en una sala del panteón de infantes colindante a la anterior. Se trata de una baída con planta rectangular, sección rebajada e intradós liso. Está rematada superiormente por un gran florón pinjante compuesto por molduras y motivos florales dorados. Al igual que la anterior, tiene sus juntas adornadas con perfiles dorados que se colocaron durante la misma reforma (figuras 8 y 9). No obstante, conviene señalar que las juntas que hay entre las dovelas que forman las esquinas de las hiladas no fueron adornadas con perfiles dorados: una observación detallada permite detectar que dichas juntas fueron disimuladas con mortero de un color semejante al de la piedra (figura 10).

Aunque no se tienen datos concretos sobre su autor o las fechas de su construcción, sí que es cierto que existen algunas noticias que quizá podrían corresponder a esta baída. Por ejemplo, se sabe que el 11 de febrero del año 1569 se pagó a «Pedro del Carpio cantero 1120 rls. porque saco labro y asento y reuoco a su costa de oficiales y peones en la bobeda debaxo de la librería del dho monasterio (toda la estructura de la bóveda)» (Bustamante 1994, 245).Dicha información bien podría hacer referencia a la baída de hiladas en cruz e intradós liso del panteón de infantes, de manera que se podría atribuir su autoría a Carpio, que la habría terminado en 1569 (Natividad 2017, 2: 140). Esta hipótesis no sería muy des-



Figura8
Baída de hiladas en cruz en una sala del panteón de infantes

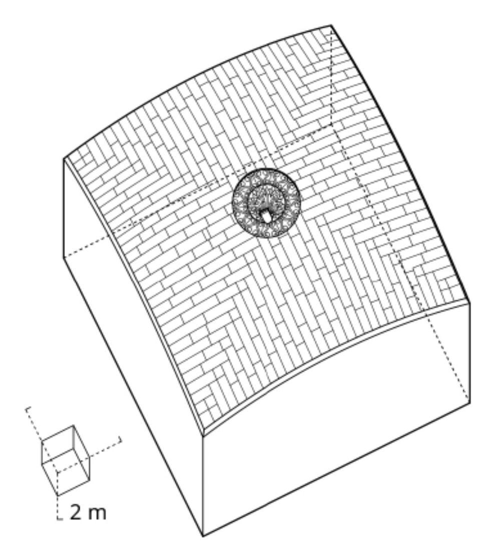


Figura 9
Perspectiva axonométrica de la baída de hiladas en cruz en una sala del panteón de infantes

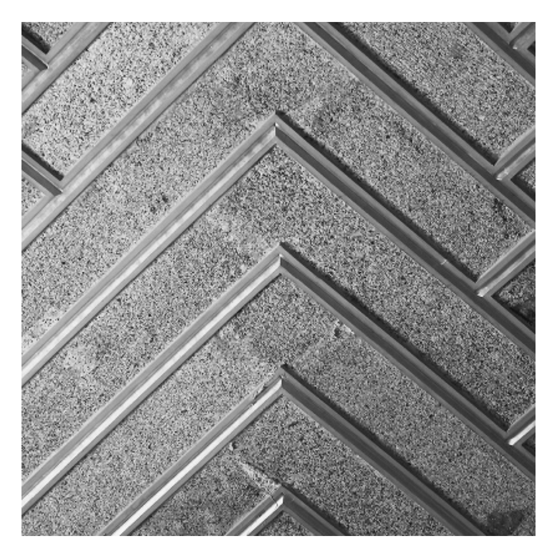


Figura 10
Juntas disimuladas en las esquinas de las hiladas de la baída en una sala del panteón de infantes

cabellada, en vista de que la baída de hiladas en cruz que cubre la sala colindante fue construida también por este cantero.

Hipótesis sobre la cronología constructiva

A partir de los datos mencionados anteriormente, se podría establecer la siguiente cronología constructiva para las bóvedas baídas de hiladas en cruz del monasterio de El Escorial. Todo parece indicar que el cantero Pedro del Carpio experimentó por primera vez con este tipo de hiladas en la pequeña baída que hay en la escalera bajo las salas capitulares, en los sótanos del convento, y cuya construcción dataría del año 1567. Poco después, en febrero de 1568, repitió el despiece en la pequeña baída que cierra el vestíbulo de una de las salas del convento localizada entre la cocina y la lucerna. Sin duda, este cantero debió quedar bastante satisfecho con las pruebas iniciales, y cuando tuvo la ocasión de construir una baída de mayores dimensiones, decidió utilizar nuevamente las hiladas en cruz. Levantó, entonces, la baída de la sala del panteón de infantes que está debajo de la torre del prior, cuya obra terminó en noviembre de 1568. Y al año siguiente, en febrero de 1569, culminó la cuarta baída con este mismo despiece en otra sala del panteón de infantes colindante a la anterior.

No obstante, es preciso aclarar que se desconoce el alcance de Pedro del Carpio como proyectista. Es decir, no se puede afirmar rotundamente que las baídas de hiladas en cruz fueran fruto de sus trazas, pues también cabe la posibilidad de que fueran diseñadas por los aparejadores Pedro de Tolosa o Lucas de Escalante. Ahora bien, de lo que no hay duda es que Carpio fue el encargado de construirlas.

Levantamientos arquitectónicos

Para el estudio de las bóvedas baídas de hiladas en cruz se ha considerado necesario contar con una serie de levantamientos arquitectónicos rigurosos. La metodología de levantamiento empleada en cada una de las baídas ha sido la siguiente. En primer lugar, mediante el empleo de una estación total láser, se han obtenido las coordenadas tridimensionales de todos los puntos necesarios para definir la forma y el despiece de la baída. A continuación, estas coordenadas se han guardado en un archivo de texto y se han importado a un programa de dibujo asistido por ordenador, generando así un archivo gráfico con una nube de puntos. Luego, estos puntos se han unido convenientemente con líneas rectas y curvas para formar

un modelo alámbrico tridimensional. Por último, a partir de las líneas rectas y curvas anteriores se han generado una serie de superficies con objeto de proporcionar sensación de materialidad al modelo. El resultado final ha sido un levantamiento tridimensional del intradós de la baída que representa con rigor su forma y despiece.

La ventaja principal de esta clase de levantamientos tridimensionales es que se pueden analizar, revisar o editar desde el propio programa de dibujo asistido por ordenador, de manera que facilitan enormemente el estudio geométrico y estereotómico de las bóvedas de cantería y, además, posibilitan la obtención de cualquier tipo de plano o perspectiva bidimensional en cualquier sistema de representación (figuras 2, 4, 7 y 9).

Análisis geométrico

A partir de los levantamientos tridimensionales se ha podido realizar un análisis geométrico de las bóvedas baídas de hiladas en cruz. Estos análisis muestran que la baída de la escalera bajo las salas capitulares tiene intradós esférico, mientras que las otras tres tienen un intradós pseudo-esférico. La forma pseudo-esférica o esferoidal no debe entenderse como una particularidad exclusiva de estas baídas, pues a lo largo del tiempo numerosos investigadores han señalado la existencia de varias baídas renacentistas de cantería con diferentes despieces cuya geometría no es perfectamente esférica. De hecho, estudios recientes concluyen que una baída no tiene por qué tener un intradós exactamente esférico (Senent 2016, 588; Natividad 2017, 1: 321-322). Ahora bien, lo que sí es una característica propia de las hiladas en cruz, y que las asemejan bastante a las hiladas cuadradas, es su capacidad para generar baídas con intradós pseudo-esférico. De esta cuestión se hablará con más detalle a continuación.

Análisis estereotómico

Las hiladas en cruz se componen de varios tramos o porciones de arcos dispuestos verticalmente como si fueran arcos abocinados. En este sentido, son semejantes a las hiladas cuadradas o las diagonales que aparecen en varios de los trazados para bóvedas baídas del tratado de De l'Orme (1567, 113r, 115v y 116v-117r) o los manuscritos de Vandelvira (ca. 1585, 84r, 85r, 86r, 87v, 88v, 90r, 90v, 93r, 93v, 108r, 123r y 126r) y Guardia (ca. 1600, 65v y 84v).Sin embargo, las hiladas en cruz, a diferencia de las cuadradas o las diagonales, ya no se proyectan en planta como líneas paralelas a los lados o a las diagonales de la planta, sino que dibujan cruces (López Mozo 2009, 511-512; Natividad 2017, 1: 219-222).

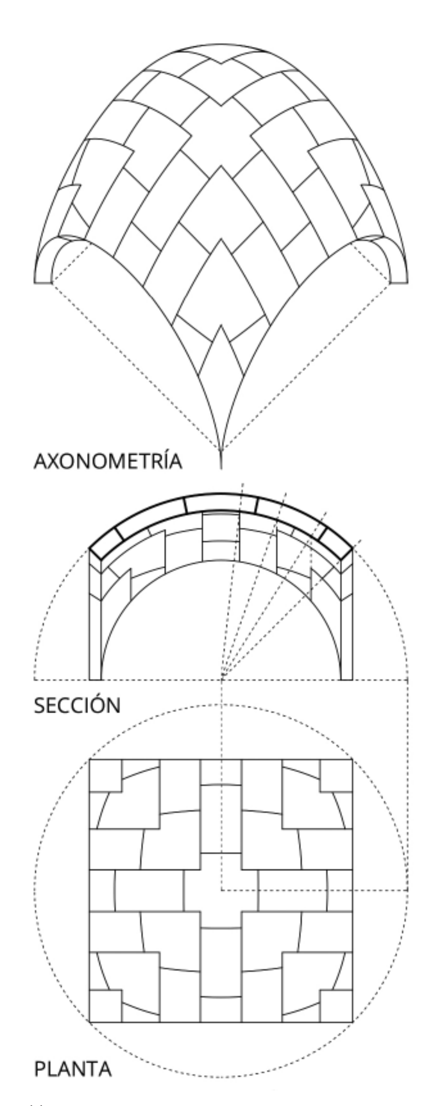


Figura 11
Planta, sección transversal y perspectiva axonométrica de una baída de hiladas en cruz

Puesto que las hiladas en cruz se componen de varios tramos de arcos verticales, es muy probable que, al igual que en las hiladas cuadradas o las diagonales, las juntas entre hiladas, o lechos, sean superficies troncocónicas de eje horizontal cuyos vértices se localizan en el centro de la baída, y que las juntas entre dovelas del mismo tramo de una hilada sean superficies planas definidas por un haz de planos radiales cuya recta común es horizontal y pasa por el centro de la baída (figura 11).

Tal y como se ha comentado en el apartado anterior, las hiladas en cruz se asemejan a las cuadradas en que ofrecen la misma flexibilidad de adaptación a variaciones en la planta, en los arcos formeros o en la sección vertical que obliguen a modificar la geometría del intradós. Dicho de otra manera, es un despiece especialmente apropiado para construir superficies pseudo-esféricas, del mismo modo que ocurre con las hiladas cuadradas (López Mozo 2009, 326 y 350; López Mozo et al. 2011, 744-747; Natividad 2017, 1: 213). De hecho, así lo demuestran los levantamientos arquitectónicos realizados, en los que se comprueba que los arcos formeros y las secciones verticales de las baídas, excepto la que está en la escalera bajo las salas capitulares, son arcos de circunferencia con centros a diferente altura, lo que significa que su intradós es pseudo-esférico.

Por otro lado, aunque no hay ninguna baída de hiladas en cruz sobre planta irregular, lo cierto es que es un despiece que se podría aplicar sin problemas a cualquier planta irregular. Tan solo habría que prestar atención a las dovelas acodadas y de los arranques, cuyas plantillas se obtendrían de manera similar a las de una baída de hiladas cuadradas y planta irregular (figura 12).

Las hiladas en cruz se parecen también a las cuadradas en que pueden presentar aparejo por ramales o gualdrapeado (figura 13). Se dice que un aparejo es por ramales cuando los encuentros entre los diferentes tramos de una misma hilada se resuelven mediante unas dovelas acodadas con forma de uve. Por el contrario, el aparejo gualdrapeado se da cuando los encuentros entre los diferentes tramos de las hiladas se resuelven por superposición, es decir, que los tramos van apoyando unos sobre otros alternando las direcciones longitudinal y transversal (Rabasa 2000, 365-366). En este caso, la baída de la sala del panteón de infantes bajo la torre del prior presenta aparejo por ramales, mientras que las otras tres baídas tienen aparejo gualdrapeado.

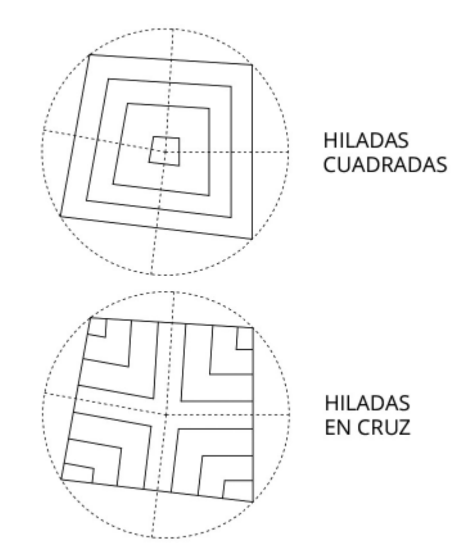


Figura 12
Adaptación de las hiladas cuadradas a una planta irregular e hipótesis de adaptación de las hiladas en cruz a una planta irregular

Por último, conviene señalar una particularidad de las hiladas en cruz y que no aparece en otros despieces: las hiladas en cruz pueden tener claves o no (figura 14). La baída que está en la escalera bajo las sa-



Figura 13
Aparejo por ramales y gualdrapeado

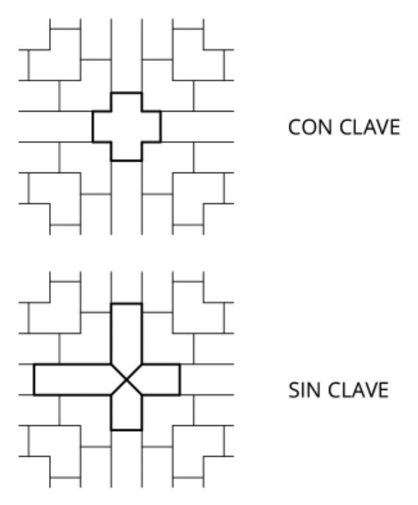


Figura 14
Hiladas en cruz con clave y sin clave

las capitulares y la que cubre el vestíbulo de una sala del convento tienen sus hiladas centrales con un encuentro en forma de flecha, de modo que no existe una dovela central que funcione a modo de clave. Por el contrario, la baída de la sala del panteón de infantes bajo la torre del prior tiene una clave con forma de cruz. En cuanto a la baída que hay en la otra sala del panteón de infantes, se desconoce si tiene clave o no, pues el gran florón dorado oculta su parte superior.

Nota

El presente trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación «Arquitectura renacentista y construcción pétrea en el sur de España» (19361/PI/14) financiado por la Fundación Séneca - Agencia Regional de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia. El autor también desea agradecer expresamente las facilidades dadas por la institución Patrimonio Nacional para realizar la visita y la toma de datos fotográficos y topográficos de las bóvedas baídas de cantería del monasterio de San Lorenzo de El Escorial.

Lista de referencias

Bustamante García, Agustín. 1994. *La octava maravilla del mundo. (Estudio histórico sobre El Escorial de Felipe II)*. Madrid: Editorial Alpuerto.

De l'Orme, Philibert. 1567. *Le premier tome de l'architecture*. Paris: Frédéric Morel.

Guardia, Alonso de. Ca. 1600. *Manuscrito de arquitectura y cantería*. Anotaciones sobre un ejemplar facticio de G. Battista Pittoni y Ludovico Dolce: «Imprese di diversi principi, duchi, signori, e d›altri personaggi et huomini litterati et illustri» e «Imprese di diversi principi, duchi, signori, e d›altri personaggi et huomini illustri. Libro secondo», Venecia, 1568. Manuscrito ER/4196. Madrid: Biblioteca Nacional de España.

López Mozo, Ana. 2009. «Bóvedas de piedra del Monasterio de El Escorial». Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.

López Mozo, Ana; Enrique Rabasa Díaz, y Miguel Sobrino González. 2011. La línea en el control material de la forma. En *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Santiago de Compostela, 26-29 de octubre de 2011*, vol. 1, 744-754. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Martín Gómez, Pedro. 1985. Las cantinas y bóvedas de fachada sur, en el Monasterio de San Lorenzo el Real de El Escorial. *Ciudad de Dios: revista agustiniana* 198: 905-938.

Natividad Vivó, Pau. 2017. «Bóvedas baídas de cantería en el Renacimiento español». Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena.

Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Ediciones Akal.

Senent Domínguez, Rosa. 2016. «La deformación del tipo. La construcción de bóvedas no-canónicas en España (siglos XVI-XVIII)». Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.

Vandelvira, Alonso de. Ca. 1585. *Libro de trazas de cortes de piedras*. Se conservan dos copias del manuscrito: una en la Biblioteca Nacional de España (ms. 12719) y otra en la Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid (ms. R10).

La arquitectura encamonada del siglo XVIII en el colegio menor de la Compañía de Jesús en Ica, Perú

Sandra Negro
Samuel Amorós

La ciudad actual de Ica está ubicaba a 310 km al sur de Lima y es la capital de la región homónima. Entre 1535 y 1821 dependió de Lima o los Reyes, capital del virreinato del Perú. Históricamente el asentamiento urbano de Ica, fue establecido en tres ocasiones. La primera fundación en 1563, fue un poblado con cuarenta españoles que se denominó Villa de Valverde, repartiéndose solares a los avecindados para erigir una casa y huerta pequeña (Levillier 1921, I: 542). En 1568 la región fue sacudida por un fuerte terremoto, causando la ruina total de las edificaciones que se habían levantado. Los pobladores optaron por buscar un paraje más hacia el norte, para el establecimiento del nuevo centro poblado. Esta segunda fundación se llevó a cabo en el antiguo pago de Angulo, ubicado entre Hurin-Ica y el río. Al presente, desconocemos la fecha exacta del nuevo establecimiento, pero las fuentes documentales confirman que la villa estaba en pleno desarrollo hacia 1580. A finales de siglo, estaba rodeada de propiedades agrícolas dedicadas principalmente a los viñedos, así como estancias para la crianza de ganado mayor.

Los fuertes seísmos de 1647 y 1664, causaron su total ruina. La gran cantidad de muertos en el segundo de ellos, obligó a enterrarlos en fosas comunes en el subsuelo de las iglesias y en los atrios de las mismas. La destrucción de las bodegas productoras de vino y aguardiente de uva fue absoluta. En 1670, coincidiendo con el inicio de su reedificación, fue elevada al rango de ciudad con el nombre San Jerónimo de Ica (Sánchez 1957, 72). Después de haber soportado estoicamente dos sismos, la ciudad y sus habitantes no resistieron el tercero de ellos, ocurrido el 20 de octubre de 1687. La violencia de este terremoto fue tal, que destruyó casi totalmente la ciudad de Lima, causó la desaparición de la villa de San Clemente de la Mancera de Pisco y devastó por completo la ciudad de San Jerónimo de Ica y las edificaciones en las haciendas y propiedades rurales del valle. Esta vez, los vecinos embargados por el dolor y descorazonados frente a tanta ruina, decidieron mudarla de lugar por tercera vez. El emplazamiento elegido se hallaba en un paraje conocido con el nombre de Guallapo o pago de los Mochicas (Sánchez 1957, 78), que abarcaba desde el pago de Poruma, hasta los pagos de Saraja y Comatrana[1]. En 1688 fue establecida la tercera y última ciudad, la cual mantuvo la misma advocación de San Jerónimo. A finales de siglo, las edificaciones estaban en pleno desarrollo.

Los religiosos de la Compañía de Jesús habían estado misionando en el valle de Ica de manera intermitente desde mediados del siglo XVII, ya que no contaban con un domicilio fijo en la ciudad. Las generosas donaciones que recibieron en la villa de Pisco (situada a 61 km al norte de Ica) después del cataclismo de 1687, les permitieron reconstruir su colegio e iglesia y organizar desde allí sus misiones itinerantes en la región de Ica. Aunque contaron con varios importantes benefactores a través del tiempo, todo parece indicar que el establecimiento de un co-

legio en Ica no fue considerado prioritario, debido al reducido número de habitantes urbanos.

La tercera fundación de la ciudad, despertó en los pobladores el deseo de contar con una escuela de niños, para que recibieran tutela espiritual adecuada a su edad e instrucción elemental de lectura y escritura. Los jesuitas fueron los elegidos para realizar dicha tarea, debido a su compromiso con la educación de la población en otras ciudades del virreinato. Para tal finalidad, desde 1691 en adelante diversos benefactores entregaron importantes donaciones de haciendas y estancias, predios urbanos y dinero en metálico, para que se establecieran de manera permanente en Ica (Archivo General de la Nación Lima-AGNL, Temporalidades, Títulos, Leg. 90, 1767–1770; Leg. 26, 1767 y Leg. 14, 1763–1794).

Con el proyecto encaminado, en 1739 los jesuitas se establecieron temporalmente en el Colegio de Educandas de la ciudad. En agosto de 1746 fue admitida la fundación, extendiéndose la Real Cédula correspondiente. Deseosos de erigir el colegio de San Luis Gonzaga en una de las esquinas de la plaza mayor de la ciudad, gestionaron la adquisición de cinco solares, dos de los cuales concluyeron en una donación (Quijandría 1961, 8). La edificación empezó casi de inmediato, comenzando a funcionar el colegio en 1748. La construcción del cuerpo de la iglesia anexa, estuvo concluido a mediados de 1761. En setiembre de 1767, cuando en Ica se formalizó la expulsión de los jesuitas, implementada por el virrey Manuel de Amat y Junient, la iglesia tenía terminadas las tres naves, crucero y presbiterio, quedando por construir las torres campanario y las portadas de pies y del evangelio (AGNL, Temporalidades, Colegios, Leg. 1, fol. 7, 1768).

La propuesta arquitectónica

El antiguo colegio de primeras letras, es a la fecha una de las sedes de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga. La iglesia anexa, dependiente del obispado de Ica, se encuentra actualmente cerrada debido a los graves daños sufridos por el seísmo de agosto de 2007, contándose al presente con un proyecto de recuperación y puesta en valor del inmueble elaborado por Instituto de Conservación Getty en el 2015 (figura 1).



Figura 1
Perú, Ica. Antiguo colegio e iglesia de la Compañía de Jesús, estado actual (Negro y Amorós, 2016).

Diseño y edificación del colegio.

La propuesta formal ha pasado por un extenso conjunto de modificaciones a través del tiempo. Estas se han debido a refacciones y reconstrucciones, como consecuencia de usos educativos que se han ido adecuando a nuevos tiempos y distintas gestiones. También influyeron decididamente los frecuentes y destructivos seísmos en la región, que han generado la sustitución paulatina de los materiales constructivos tradicionales.

Los jesuitas iniciaron la construcción del colegio, con el frontispicio orientado hacia la actual calle Bolívar, dejando un espacio hacia la esquina de la actual calle La Libertad de 20,00 m de anchura, para la posterior edificación de la iglesia. En el lado sur del atrio esquinero, se hallaba la portería (que al presente no existe), para el acceso al colegio. Esta conducía directamente a un patio de 30,60 m de lado[2], rodeado por galerías claustrales en sus cuatro lados. Alrededor de tres de las galerías, fueron erigidos diez aposentos para el uso de los religiosos. La galería del cuarto lado, estuvo delimitada por el muro lateral del evangelio de la iglesia. Hacia el sur existió un tránsito que conducía a un solar donde se hallaban las aulas de clases, las que si bien dejaban un espacio libre al centro, donde se hallaba el pozo de agua, nunca llegó a ser un claustro al carecer de galerías perimetrales, habiendo sido las aulas edificadas con paredes de bajareque y techumbres de madera. En la esquina suroeste del claustro, se desarrollaba un tránsito de planta octogonal, con cuatro arcos dispuestos diago-

nalmente en las esquinas que conducían al refectorio, capilla doméstica, librería y otras dependencias de los religiosos (AGNL, Temporalidades, Colegios, Leg. 1, fol. 8, 1768).

Ha llegado al presente solamente el claustro rodeado por las galerías y algunos de los muros fronteros de los aposentos en los lados sur y oeste. La galería claustral está compuesta por doce arcos ligeramente escarzanos por lado, sustentados en columnas de madera, que originalmente tuvieron pedestal de piedra.

El empleo de paredes con materiales ligeros tales como el bajareque, tiene en el Perú una tradición documentada arqueológicamente desde los 2.600 años a.C. (Shady 2004, 89). Sin embargo, el empleo de los telares verticales de quincha, formados por un bastidor de madera escuadrada con codales transversales y cerramiento de cañas partidas, chancadas o trenzadas, surgieron en las viviendas realizadas con pocos recursos económicos desde mediados del siglo XVII. Con los seísmos como una amenaza permanente, los materiales pesados como los ladrillos y bloques de piedra, fueron paulatinamente reemplazados en la región costera del Perú, por materiales ligeros formados por madera y cañas, revestidas de yesería, hallándose entre las primeras propuestas los claustros de los monasterios limeños del primer tercio del siglo XVII (San Cristóbal 2009, 274). En la segunda mitad del siglo XVII, la quincha fue paulatinamente adaptada a las bóvedas, generando diversas propuestas encamonadas, utilizadas hasta finales del siglo XIX.

Los fuertes movimientos sísmicos ocurridos en el siglo XVII, que obligaron a tres sucesivos establecimientos de la ciudad de San Jerónimo de Ica, y los terremotos de 1707, 1716 y 1746, motivaron que el claustro y las habitaciones en el contorno del colegio de los jesuitas, fuese resuelto con materiales livianos y perecederos. Por esta razón, las galerías del claustro son estructuralmente pórticos y no una arquería. A nivel constructivo, fue resuelta con una solución encamonada de madera y cañas, que generaron arcos más flexibles frente a los movimientos telúricos.

Cada uno de los doce arcos en cada lado, se sustentó en un tronco labrado de madera de huarango (*Prosopis pallida*) de 4,15 m de longitud. La pieza fue entallada en forma de columna con éntasis, partiendo de uno de los extremos del tronco, hasta alcanzar los 1,93 m de longitud. El diámetro variaba entre los ,23 m en el sumóscapo y los ,28 m en la éntasis. Durante el entallado se labró un astrágalo en forma de toro a los 1,67 m desde el arranque de la columna. A continuación y sin dividir la pieza de madera, se continuó trabajando el tronco, pero ahora en forma de pilar con ,28 m de lado. Dicho pilar remataba en una espiga de sección rectangular. Una vez concluidos, los soportes, fueron erigidos sobre pedestales de piedra de ,83[4] m equivalente a una vara de altura.

Los soportes de cada uno de los lados del claustro, fueron estructuralmente unidos mediante vigas soleras, acopladas entre sí y a eje de cada soporte, con un ensamble de pico de flauta. En dicho enlace fue abierta una cajuela de sección rectangular que calzaba ajustadamente con la espiga del pilar. Para otorgarle mayor estabilidad a los soportes, fueron añadidas unas tornapuntas de sección cuadrada, clavadas a 45º en el pilar y en la viga solera. A continuación fueron clavados unos tirantes de madera de sección rectangular, con un espaciamiento entre sí de unos ,25 m uniendo las vigas soleras con las tornapuntas en cada uno de los lados (anterior y posterior) del pilar (figura 2).

Encima de este entramado constructivo, fueron dispuestos entre 5 y 6 camones, unidos entre sí a media madera y a su vez clavados sobre los tirantes y tornapuntas. Los camones y sus respectivos contracamones, formaban una cercha sobre cada uno de los frentes del pilar, generando un polígono irregular en el extradós y una curvatura ligeramente escarzana en el intradós. De esta manera, quedaba concluida la es-



Figura 2
Perú, Ica. Arco de la galería claustral de colegio, estructura fingida y encamonada con materiales perecederos (Negro, 2016).

tructura encamonada o fingida de la arquería, procediéndose a continuación al cerramiento de la misma.

Este se realizó empleando cañas huecas o carrizo (*Arunda donax*) cortado longitudinalmente. Dichas cañas partidas fueron dispuestas horizontalmente y fijadas a los camones, tirantes y vigas soleras, usando clavos de media chilla. Para evitar la fractura longitudinal de la fibra de la caña partida, se usó una tira de cuero sin curtir humedecida (huasca) que acompañaba la fila de clavos en su unión con la madera. En el intradós de los arcos, quedaba el espacio entre las dos cerchas, que generaba el grosor de la arquería. Este también fue cerrado mediante cañas partidas, clavadas en el espesor de la cercha, siempre usando tiras de cuero como refuerzo.

La cubierta de las galerías claustrales fue resuelta con cuartones ,08 m de ancho x ,10 m de peralte. La distancia entre éstos fue de ,60 m y encima se tendió un entablado de madera con junta lisa, y cintas superpuestas a las uniones de los tablones. Encima de esta superficie se dispuso una alcatifa rústica de haces de carricillos con sus hojas. Para sellar la techumbre se aplicó una torta de barro de ,07 m de espesor. En las uniones de la cubierta con el muro perimetral y la arquería, fue fijada una tabica lisa entre cada cuartón.

Finalizada la estructura encamonada de la arquería, se procedió a revestirla con yesería. En las columnas se empleó para modelar las basas y capiteles. Estos últimos se armaron con listones de madera y cañas, que ayudaron a generar las curvaturas de yeso de las diversas molduras. La yesería se usó en las archivoltas y albanegas de los arcos y en el entablamento que remataba la arquería.

Después de la expulsión en 1767, el colegio fue clausurado hasta 1780, siendo entregado en ese año a los religiosos mercedarios, quienes lo renombraron como colegio de San José. Después de la Independencia, en 1825 fue convertido en el Colegio Nacional de Ciencias de San Luis. En 1881 fue transformado en un colegio de instrucción secundaria. Desde 1955 al presente, ha sido una de las sedes de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga.

Morfología y procedimientos constructivos en la iglesia.

La edificación de la iglesia debió comenzar casi contemporáneamente con el colegio, si bien las complejidades arquitectónicas y constructivas del inmueble, demoraron su conclusión. Esta se vio agravada por la expulsión de la Compañía de Jesús en 1767, que ocasionó el cierre temporal del inmueble. El 23 de setiembre de 1780, la Real Junta de Temporalidades cedió la propiedad a la orden de los mercedarios, porque su convento e iglesia se hallaban en estado ruinoso (AGNL, Temporalidades, Leg. 165, fol. 10, 1791). En 1825, la antigua iglesia de los jesuitas pasó a ser la iglesia matriz de Ica, porque la original colapsó con el terremoto de 1813. En 1946 al crearse el obispado de Ica, fue nombrada catedral.

El espacio de 20,00 m dejado originalmente hacia la esquina de la actual calle La Libertad, fue utilizado como atrio-cementerio con una profundidad de 17,60 m. A partir de allí se edificó la iglesia que ocupó una superficie de 21,15 m de ancho por 47,40 m de largo. Se trataba de una planta basilical de tres naves, con cruz latina inscrita de brazos largos. Exteriormente tenía dos accesos, uno a los pies con la portada principal y el otro secundario, en el lado de la epístola. El imafronte estaba flanqueado por dos campanarios en forma de torre.

La edificación del inmueble puede segregarse en dos soluciones constructivas generales a partir de los materiales empleados: 1) materiales pesados, entre los que se hallan adobes unidos con mortero de barro y ladrillos asentados con argamasa de cal y arena, y 2) materiales ligeros y perecederos, formados por piezas de madera, cañas y carrizos.

Los muros perimetrales fueron erigidos encima de cimientos de piedras rústicas, mezcladas con mortero de cal y arena. Sobre éstos se levantaron sobrecimientos con ladrillos unidos con la misma argamasa, con una altura que variaba entre los ,60 y ,90 m (Cancino et al. 2013, 1: 64–66). Los muros laterales y el testero fueron construidos con adobes de aproximadamente ,50 x ,28 x ,10 m asentados con mortero de barro. El muro de pies fue edificado con ladrillos de ,33 x ,15 x ,08 m y unidos con mortero de cal y arena. Este último muro debió ser reconstruido por los mercedarios a mediados del siglo XIX, probablemente debido a los daños de los seísmos de 1813 y 1839 (Sánchez 1957, 123), periodo en que se erigió la portada de ladrillos con diseño neoclásico.

Partiendo desde los pies, el interior iniciaba con el tramo del sotacoro y coro alto, nave central y laterales con cuatro tramos sucesivos, crucero con capillas laterales y presbiterio de notable profundidad, tam-

bién flanqueado por capillas a cada lado. Desde la capilla mayor se accedía a la antigua sacristía y el despacho parroquial actual (figura 3).

Los distintos tramos (sotacoro, nave, crucero y presbiterio) han sido estructurados con pilares fingidos, armados con elementos de carpintería. Aquellos que delimitan longitudinalmente la nave central, cuyo ancho es de 7,44 m fueron armados con ocho pies derechos o pilarotes de madera de huarango, unidos en la parte inferior a una solera de madera y al sobrecimiento de ladrillos. Estos conforman la planta del pilar fingido y han sido reforzados mediante el uso de riostras horizontales clavadas equidistantemente, alternadas con algunas tornapuntas en diagonal, con la adición en el centro del pilar, de un horcón de huarango en rollizo. En el extremo superior, todas las piezas tienen espigas que ensamblaron con las vigas soleras, que a su vez sustentaban la cubierta. El cerramiento de los pilares fue con cañas partidas, unidas a las riostras, tornapuntas y pilarotes con clavos de media chilla, con la ayuda de tiras de cuero sin curtir. Sobre la superficie obtenida, enlucieron con una capa de barro arcilloso mezclado con fibras vegetales cortas, seguida de una delgada capa de yesería, con la que fueron trabajadas las molduras ornamentales.

La cubierta de la nave central, presbiterio, brazos del crucero y capillas laterales del presbiterio, fue resuelta con bóvedas de medio cañón corrido encamonadas, generadas por arcos de medio punto. La estructura empleó cerchas dobles de madera, espaciadas cada ,50 m. aproximadamente. Cada cercha estaba constituida por camones y contracamones ensamblados a caja y espiga. Las piezas fueron fijadas con clavos. En los cuatro tramos de la nave, la bóveda de medio cañón corrido fue intersectada por cuñas también estructuradas con cerchas, camones y contracamones, que generaron los lunetos, Estos facilitaron la iluminación, así como la colocación de tribunas altas, a las que se accedía a través del cuerpo de campanas del evangelio y el extradós de las naves laterales del templo, en especiales ocasiones de culto. A la altura del ápice de cada cuña, fue insertada en toda la anchura del tramo, una fila de correas alineadas. Otras correas fueron colocadas de manera alternada entre las cerchas, haciendo una cajuela en el grosor de los camones para el ensamble, fijándolas con clavos.

El cerramiento de la bóveda fue doble, en el intradós y en el extradós. El primero fue resuelto con cañas partidas clavadas en el espesor de las cerchas, mientras que en el extradós se usaron cañas enteras,

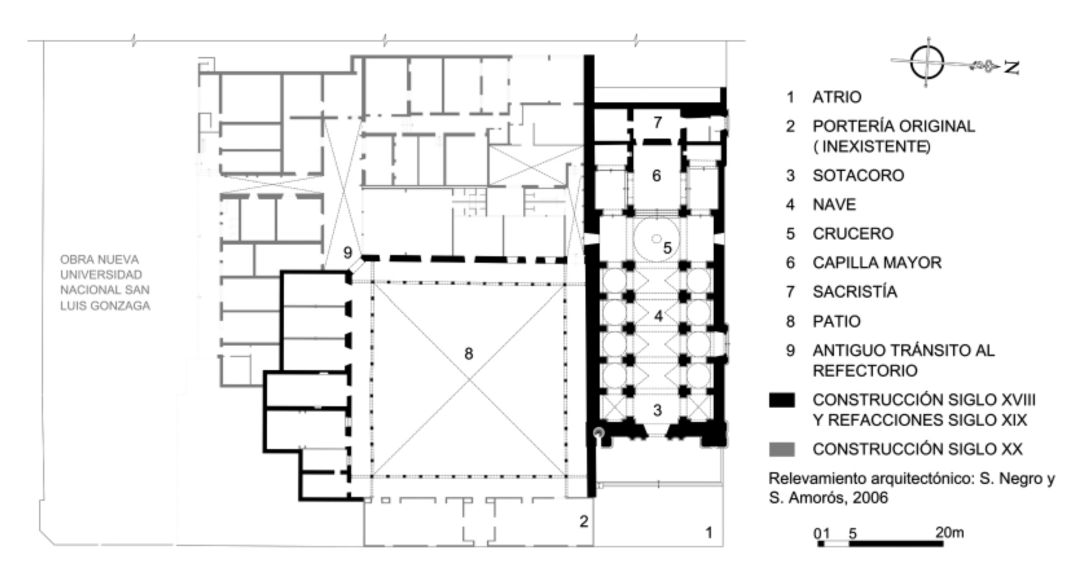


Figura 3
Perú, Ica. Planta de la antigua iglesia y colegio de la Compañía de Jesús. (Negro y Amorós, 2006).

en ambos casos siempre con el auxilio de tiras de cuero. El acabado del intradós fue de yesería, mientras que en el extradós fue aplicada primero una gruesa torta de barro, seguida de una delgada capa de yesería.

Las naves laterales se estructuraron por un lado a partir de los pilares de la nave central y en el extremo opuesto, por los pilares de adobes embebidos en los muros longitudinales del templo que marcaron los tramos de la nave, sobresaliendo ,54 m del muro. Sobre éstos fue adosado un pilar fingido, formado por cuatro pilarotes de madera de huarango, ensamblados en una solera unida al sobrecimiento de ladrillos. De manera similar a los pilares de la nave central, los pilarotes tuvieron refuerzos de riostras y tornapuntas. En el extremo superior, estos pilarotes se unieron a vigas soleras mediante ensambles de caja y espiga.

Las bóvedas en las naves laterales del sotacoro, son distintas ya que se hicieron de arista, mientras que las correspondientes a los cuatro tramos de la nave, se conceptuaron como cúpulas de media naranja de planta ligeramente elíptica. El diámetro en el eje norte-sur fue de 3,76 m y diámetro en el eje este-oeste fue de 3,98 m. En los tramos de la nave, a los 3,18 m del suelo, arrancaron los arcos fajones de medio punto de las naves laterales, formados por cerchas de madera, compuestas por camones y contracamones unidos a caja y espiga, y reforzados con clavazón de hierro. El cerramiento de cada uno de los ocho tramos de las naves laterales, fue mediante una cúpula de media naranja de 4,00 m de diámetro, rematada en una linterna. Para estructurarla, armaron un segundo arco fajón a ,48 m por encima del primero, el cual sirvió para sustentar las tornapuntas que formaron las pechinas. La cúpula fue lograda mediante una viga collar formada por camones que arman tres anillos superpuestos, como si se tratase de una sola pieza de ,06 m de peralte. Para reforzarla, se usaron tornapuntas en las cuatro esquinas de cada tramo. En esta viga collar se apoyaron las 16 cerchas de madera que formaron la curvatura de medio punto de la cúpula y que a su vez estaban formadas por camones y contracamones. Las cerchas convergieron en una segunda viga collar que las vinculaba, dejando un óculo de ,95 m sobre el cual fue asentada una linterna octogonal de madera para ventilación e iluminación. Entre las cerchas fueron colocadas correas de manera alternada, las cuales ayudaron a sustentar el cerramiento de cañas partidas, tanto en el extradós como en el intradós. Estas fueron luego revestidas en el extradós con una capa gruesa de torta de barro y una capa final delgada de yesería, mientras que en el intradós se usó solamente yesería (figura 4).

El crucero fue coronado por una gran cúpula de media naranja con 7,44 m de diámetro. Los cuatro pilares sostuvieron arcos torales dobles que arrancaron a los 9,64 m de altura, con cerchas de camones y contracamones. Para generar el apoyo de la cúpula, se armó una estructura porticada apoyada en la prolongación de los cuatro pilarotes centrales de los pilares del crucero. Estos fueron unidos horizontalmente mediante vigas dobles de madera de ,25 x ,25 m formando el cuadrante estructural que recibió la cúpula, elevándose del suelo 10,52 m. Para contrarrestar el empuje lateral, en las cuatro esquinas fueron adicionadas tornapuntas dispuestas a 45º, que ayudaron además a armar la viga collar de la base de la cúpula. A los 7,80 m desde el suelo en las cuatro esquinas de los pilares torales, arrancaron tirantes dispuestos en diagonal que arriostraron a estas tornapuntas para finalmente generar las pechinas de la cúpula. Todas las uniones fueron con ensambles a media madera, clavazón de hierro y amarres con tirantes de cuero sin curtir.

La viga collar de la cúpula estaba formada por camones y contracamones de ,16 m de peralte y ,25 m de ancho. El diseño de las cerchas de rotación fue peculiar, ya que desde el arranque sobre la viga collar fueron armadas verticales y sin curvatura hasta al-



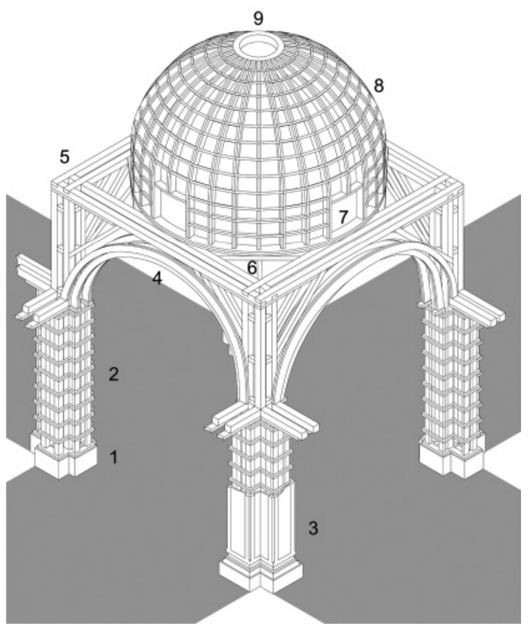
Figura 4
Perú, Ica. Cúpula encamonada dispuesta sobre el crucero, después del terremoto de 2007. (Negro, 2008).

canzar los 1,38 m a partir de donde comenzaron a curvarse para converger hacia el centro. Esta porción vertical generó un tambor que en su contorno alojaba cuatro vanos, orientados hacia los muros de pies, testero y brazos laterales. Dichos vanos ocuparon el espacio entre tres cerchas, siendo dos las delimitantes del vacío, mientras que la tercera y central fue recortada, apoyándose encima del dintel de las ventanas. Dentro de los cuatro vanos rectangulares estructurales se armaron arcos ligeros fingidos de carpintería, para componer ventanas rematadas en arcos de medio punto.

Las cerchas de rotación fueron 32 dobles, formadas por camones y contracamones ensamblados a media madera y fijados con clavos. Estas convergen en una viga collar, formada por varios segmentos de circunferencia superpuestos hasta alcanzar los ,28 m de peralte, dejando abierto un óculo de 1,40 m sobre el que se colocó una linterna. Desde el suelo del crucero hasta el óculo la altura fue de 15,90 m, una dimensión considerable si se tiene en cuenta el sistema constructivo desarrollado, con ensambles que podían desplazarse fácilmente por el peso de la obra de madera y los pesados acabados con torta de barro, con el agravante de los frecuentes movimientos sísmicos.

Las cerchas de rotación fueron reforzadas estructuralmente con 12 filas de correas, ensambladas de manera similar a aquellas de las bóvedas de medio cañón corrido, es decir a partir de una cajuela abierta en la cercha y fijadas con clavos. Estas correas generaron una planta con forma de un polígono de 32 lados. Las dos primeras filas desde el arranque a partir del tambor, fueron interrumpidas por los cuatro vanos que alojaron las ventanas (figura 5).

El cerramiento fue resuelto con carrizos, como en el resto de las cubiertas. En las pechinas fueron clavadas cañas partidas, mientras que en el tambor de la cúpula se usaron cañas enteras dispuestas verticalmente y amarradas de manera enlazada cada dos o tres cañas con tiras de cuero y por último reforzadas con clavazón. En el extradós de la cúpula se usaron cañas enteras, dispuestas horizontalmente adecuándose a la circunferencia y dispuestas entre los espacios dejados por las filas de correas, las cuales fueron amarradas con tiras de cuero humedecido y clavazón. Encima fue colocada una torta de barro, con un acabado final de yesería. El intradós fue cerrado con cañas partidas amarradas con tiras de cuero que las enlazaba formando un encadenamiento, que fue fijado



Interpretación analítica del sistema estructural: S. Negro - S. Amorós, 2017

1 SOBRECIMIENTO DE LADRILLOS UNIDOS CON ARGAMASA DE CAL Y ARENA
2 PILAR FINGIDO DE CARPINTERÍA
3 PILAR REVESTIDO DE CAÑAS, TORTA DE BARRO Y YESERÍA
4 CERCHA DOBLE DE CAMONES Y CONTRACAMONES
5 CUADRANTE ESTRUCTURAL FORMADO POR VIGAS DOBLES
6 TORNAPUNTAS Y TIRANTE QUE GENERARON LA PECHINA
7 VIGA COLLAR DE LA CÚPULA
8 TREINTA Y DOS CERCHAS DOBLES DE ROTACIÓN REFORZADAS POR DOCE FILAS DE CORREAS
9 VIGA COLLAR HACIA DONDE CONVERGEN LAS CERCHAS DE ROTACIÓN



Figura 5
Perú, Ica. Estructura encamonada de los pilares, arcos torales y cúpula sobre el crucero (Amorós, 2017).

a la estructura de madera con clavos de hierro. El acabado final fue una capa de yesería de ,04 m.

Cuando sobrevino la expulsión de La Compañía de Jesús en 1767, los campanarios todavía no existían. Los mercedarios a quienes fue entregada la iglesia, fueron los responsables de su construcción, posiblemente a finales del siglo XVIII o primeros años del XIX. Estos fueron dispuestos uno a cada lado de la portada de pies, con un diseño de planta

cuadrada y volumetría visualmente maciza, si bien los cuerpos de campanas tuvieron una estructura fingida.

Los cubos bajos tuvieron 3,80 m de lado y fueron construidos con ladrillos hasta alcanzar los 7,82 m de altura. El cubo de la epístola, aparentemente fue una estructura compacta, sin vacíos al interior, mientras que el cubo del evangelio, alojó una escalera hurtada de caracol construida en madera, con acceso desde el atrio-cementerio y que conducía al coro alto a los pies. Encima de los cubos fueron erigidos dos cuerpos de campanas con estructuras fingidas, diseñados con idéntica planta y volumetría que el cubo bajo, si bien la altura de cada cuerpo fue disminuyendo: el primero tuvo 3,35 m y el segundo 1,74 m.

Los cuerpos de campanas fueron estructurados con cuatro pilares fingidos, uno en cada esquina de la planta, ensamblados con vigas soleras y secundarias. Dichas vigas formaron un emparrillado, que en el primer cuerpo fue anclado al cubo bajo de ladrillos, mientras que en el segundo fue armado un entrepiso con tablones de madera. Cada pilar fingido contuvo cuatro pilarotes de madera toscamente escuadrados, que formaron una unidad estructural a partir de las riostras horizontales y tornapuntas de refuerzo, que fueron dispuestas de modo asimétrico y con un espaciamiento irregular. Esta técnica, si bien un tanto más descuidada, es similar a la empleada en la edificación de los pilares fingidos de la iglesia por lo menos cuatro décadas antes, lo que es un indicador que se consideraba como una solución estructuralmente válida a través del tiempo (figura 6).



Figura 6
Perú, Ica. Estructura del campanario del evangelio. El cubo bajo fue de obra firme, mientras que los cuerpos de campanas y remate se solucionaron con estructuras fingidas de madera con cerramiento de cañas revestidas con yeso (Negro y Amorós, 2016).

El remate del campanario tuvo un diseño resuelto en cuatro secciones con armadura de madera, iniciando con un tambor poligonal de 16 lados, en la mitad de los cuales fueron abiertos óculos ahusados de bordes festoneados. Encima fue construido un cupulino de media naranja, cuyo casquete fue recortado en un amplio óculo, en cuya viga collar superior, se apoyaron es disminución dos pequeños cupulinos infundibuliformes. Este diseño fue propuesto inicialmente en los remates de los campanarios de la catedral de Lima hacia 1795 y el diseño se difundió a lo largo del siglo siguiente, con diversas variaciones regionales (San Cristóbal 1999, 199–201). Constructivamente para el tambor poligonal, se emplearon 16 pequeños pilarotes que estuvieron ensamblados a una viga collar en ambos extremos. Las cúpulas erigidas encima tuvieron una estructura de cerchas dobles de madera con camones y contracamones, que en los puntos de cambio de curvatura emplearon vigas collares formadas por piezas de madera superpuestas y clavadas. Se usaron las correas para estabilizar las estructuras y facilitar el cerramiento con las cañas.

El cerramiento de los cuerpos de campanas, del tambor y cupulinos de remate, fue igual al de las bóvedas de la iglesia: cañas partidas y amarradas con tiento humedecido y fijadas con clavos a la estructura de madera. El acabado final fue originalmente un revestimiento de yesería. A lo largo del siglo pasado fue en gran parte reemplazado con una malla metálica revocada con una mezcla de cal, yeso y arena.

Realidad y perspectiva de la edificación

El 15 de agosto de 2007, la región fue estremecida por un terremoto del grado 8,0 Mw, el cual ocasionó 513 muertes y más de 76,000 inmuebles severamente afectados, muchos de los cuales quedaron inhabitables. Un número considerable de bienes arquitectónicos con valor histórico y patrimonial quedaron irremediablemente afectados, tal como ocurrió con la antigua iglesia de la Compañía de Jesús de Pisco y el colegio e iglesia que estamos presentando. Dicha catástrofe dejó al descubierto una parte considerable de la arquitectura fingida y estructuras encamonadas del claustro e iglesia de San Luis Gonzaga, permitiendo su estudio y análisis, que de otro modo hubiera resultado imposible de llevar a cabo.

El antiguo colegio, fue intervenido y puesto en valor en el 2011. La valoración de la intervención patrimonial no es objeto de la presente investigación. En el inmueble funcionan algunas de las oficinas administrativas de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, que se comunican con un sector de obra nueva con aulas de clases, construidas en una edificación anexa de varios pisos situada hacia el sur.

La antigua iglesia jesuita, posteriormente elevada al rango de catedral, permanece con los mismos daños sufridos por el seísmo de 2007 y otros más, que se fueron adicionando por el tiempo transcurrido, la ocurrencia de otros movimientos telúricos menores y el elemental apuntalamiento y estabilización del inmueble. En el 2010, el Instituto de Conservación Getty en convenio con el Ministerio de Cultura del Perú, iniciaron un proyecto de colaboración para el diagnóstico y propuesta de rescate de la catedral de Ica. En el 2014 se inició la formulación del proyecto de conservación y puesta en valor del inmueble por un equipo de profesionales peruanos con asesoramiento de especialistas internacionales. Al presente el proyecto no ha sido ejecutado, si bien se difundió a través de los medios de comunicación la posible finalización de las obras para mediados de 2018. Al no ser una propiedad estatal, la intervención no podrá ser financiada con recursos públicos, lo que puede constituir una dificultad importante a ser considerada.

La estructura de los pilares fingidos está comprometida estructuralmente por la presencia de xilófagos, humedades y desplazamiento de los ensambles. La bóveda de medio cañón corrido sobre la nave central ha desaparecido en el tercio central, quedando solamente las porciones laterales hasta el ápice de las cuñas. La cúpula sobre el crucero, que quedó seriamente comprometida con el seísmo de 2007, colapsó completamente en el 2011, quedando solo parcialmente el tambor de arranque, severamente deformado. Los campanarios conservan una aparentemente estabilidad en los cubos bajos, pero los cuerpos de campanas están gravemente afectados y constituyen un peligro para los transeúntes frente a la eventualidad de otro terremoto. Es probable que sea necesaria una reconstrucción integral de inmueble, con los inevitables cambios inherentes.

La importancia y significación de las técnicas constructivas aquí expuestas, es innegable. Han perdurado durante más de dos siglos y medio, resistiendo los embates del tiempo y catástrofes naturales. Sin embargo, al parecer no se tomó en consideración que requerían de una intervención de tipo preventivo y de una permanente manutención. Una razón fundamental reside que en el ideario colectivo peruano, se ha considerado que las obras con estructuras fingidas y encañadas no tienen el mismo valor que las obras de firme. Resulta una tremenda contradicción que propuestas constructivas exitosas del pasado, hayan sido catalogadas como intrascendentes desde hace más de un siglo. Se han perdido irremediablemente formas exitosas de construir y conocimientos de carpinteros y artesanos que no fueron sido adecuadamente registradas para la memoria social y menos aún, rescatadas para la formulación de propuestas en la actualidad.

Notas

1. Los nombres de Poruma, Comatrana y cerro Saraja están en uso actualmente.
2. El patio del claustro mayor del Colegio Máximo de San Pablo en Lima, edificado a principios del siglo XVII, tenía 35,26 m de lado.

Lista de referencias

Archivo General de la Nación, Lima. Fondo Temporalidades, secciones Colegios y Títulos, 1767–1830.

Cancino, Claudia y Sara Lardinois. 2013. *Proyecto de Estabilización Sismorresistente: Estudio de edifi caciones tipológicas*. 2 vols. Los Angeles: Getty Conservation Institute. http://hdl.handle.net/10020/gci_pubs/assess_prototype

Hurtado, Pedro. 2011. *Bóvedas encamonadas: origen, evolución, geometría y construcción entre los siglos XVII y XVIII en el virreinato del Perú*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

Levillier, Roberto. 1921. *Gobernantes del Perú, cartas y papeles siglo XVI*. Madrid: Sucesores de Rivadeneyra.

Quijandría, Cornelio. 1961. *Origen y fundación del colegio e iglesia de San Luis Gonzaga de Ica*. Ica: Cultura.

Sánchez Elías, Julio. 1957. *Cuatro siglos de historia iqueña*. Lima: Victory.

San Cristóbal, Antonio. 1996. *La catedral de Lima: estudios y documentos. Lima: Museo de Arte Religioso de la catedral de Lima*.

San Cristóbal, Antonio. 2009. *Arquitectura firme del siglo XVIII en Lima*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Shady, Ruth. 2004. *Caral, la ciudad del fuego sagrado*. Lima: Interbank.

Ejemplos de la evolución planimétrica de la fortificación moderna de Oran

Sanaa Niar

El conjunto defensivo de Orán y Mazalquivir, en la costa noroeste del continente africano, es sin duda uno de los ejemplos más relevantes de la ingeniería militar española moderna.La construcción de las fortificaciones de las dos plazas se ha desarrollado durante los tres siglos de dominio español sobre la zona, desde principios del siglo XVI hasta finales del XVIII. Este mismo periodo conoció el nacimiento y la evolución de la fortificación moderna, renacentista o abaluartada, lo que añade más relevancia al conjunto oranés, puesto que estudiarlo nos da mucha información sobre la propia evolución de la ingeniería militar moderna. El conjunto de Orán ha sido objeto de interés en las dos últimas décadas, por parte de investigadores tanto españoles como argelinos. En su libro *Mapas y Planos Hispanicos de Argelia,* Mikel de Epalza y Juan Bautista Vilar hacen una recopilación de una cantidad importante de planos y mapas de la fortificación española de Argelia. Otros trabajos académicos relevantes sobre el conjunto defensivo oranés son los de Bendaoud Farhat Radja y Mohamed Amine Khelifa. Sin embargo, estas últimas investigaciones se presentan con un enfoque histórico. Se echa en falta, por lo tanto, la evolución arquitectónica de las fortificaciones y los estudios técnicos y constructivos. En la presente comunicación intentamos esquematizar la evolución de la traza de cuatro de los fuertes principales de Orán: dos de ellos construidos en terreno rocoso, en la montaña, y dos otros construidos en terreno llano, con el fin de facilitar el estudio constructivo que es objeto de nuestra tesis doctoral.

Contexto histórico

A finales del siglo XV se está produciendo un cambio importante en el escenario político en la Península Ibérica. Los Reyes Católicos llegan a unificar España y reconquistan Granada, terminando así el último reducto de gobierno musulmán en la península. Con el fin de lograr la seguridad y la protección de cualquier posible ataque por parte de los musulmanes, tras la toma de Granada se inicia un proceso de ofensiva contra el Islam en el Norte de África, como bien lo ilustra la metáfora que usaba el Rey Católico, cuando comparaba España a una fortaleza que tenía el Mediterráneo como foso y los presidios norte africanos y italianos como adarves. Sin embargo, dicho proceso de conquista y expansión no se pudo llevar a cabo en ese momento, a parte de las puntuales conquistas de Melilla y de las Islas Canarias. Se tuvo que detener a causa de las interminables guerras con Francia, el control de Italia y por todos los esfuerzos realizados en América, añadido al vasto plan de reformas internas iniciado por los Reyes Católicos. Se tuvo que esperar hasta principios del siglo XVI, tras el fallecimiento en 1504 de la Reina Isabel, quien dejó muy claro en su testamento del 12 de noviembre de 1504 «que no cesen la conquista de África». Se toma entonces Mazalquivir en 1505, Orán en 1509 comendada por el conde Pedro Navarro y dirigida por el mismo Cardenal Ximénes de Cisneros. En 1535, bajo el Reino de Carlos V, se toma Túnez y se somete el país a un protectorado, y con ello se lla-

gó a controlar casi la totalidad de los puertos norteafricanos.

El retroceso gradual de la presencia española, empieza tras el fracaso de intentar ocupar Argel en 1541, después de una larga lucha con los otomanos. Estos logran restablecer su soberanía sobre Túnez, y poco a poco la expulsión total de los españoles del Magreb centro-oriental, quedando Orán y Mazalquivir como única posición española al este de Melilla (Epalza y Vilar 1988). Posteriormente, en 1708, los otomanos llegan a controlar Orán, por un periodo de 24 años, tras los cuales los españoles vuelven a tomarla. Finalmente la evacuarán en 1790 tras firmar una serie de tratados de paz, amistad y comercio con los otomanos y el sultanato de Marruecos. Orán pasa a ser otomana por segunda vez, hasta 1830 cuando llega la colonización francesa a Argelia y ocupan el país hasta 1962.

Inmediatamente después de la conquista de Orán por las tropas españolas comienza un progresivo proceso de fortificación. Estuvo dividido en dos periodos: un primer periodo entre la toma de Orán en 1509 y 1708, y un segundo periodo de 1732 a 1790. Como se mencionó ants, entre 1708 y 1732 Orán cayó bajo el control otomano y no parece que las fortificaciones hayan sufrido grandes modificaciones durante estos 24 años. Todos los esfuerzos de tantos siglos de fortificación hicieron que a finales del siglo XVIII Orán tenga el más extenso y el más complejo sistema defensivo del norte de África. Su complejidad se debe por un lado al gran número de obras defensivas, organizadas en varios circuitos que evitan cualquier posible acercamiento enemigo a la plaza, a los que se añade una espectacular red de galerías de minas, tan extendida como el propio sistema, en el que hay que incluir la fortaleza de Mazalquivir, tomada por los españoles en 1505.

Mazalquivir es una fortaleza y un puerto natural situado a unos trece kilómetros de Orán. La fortificación primitiva es de época meriní, de mediados del siglo XIV, y ha conocido varios proyectos de ampliación durante el dominio español, contando con la intervención de los ingenieros más prestigiosos de la corona como Juan Bautista Antonelli, Antonio de Gáver y Leonardo Turiano.

La estrategia defensiva de Orán se basa en cinco fuertes principales: la fortaleza de Rozalcázar, el fuerte de San Andrés, el fuerte de San Felipe, Santa Cruz, el fuerte de San Gregorio, que forman lo que llamamos el cinturón defensivo principal (Epalza y Vilar 1988).

Se refuerza por tres otros cinturones, de intramuros a extramuros; la muralla que rodea la plaza con sus puertas, baluartes y torres de vigilancia constituye un primer cinturón defensivo, junto con la alcazaba, llamada castillo viejo por los españoles. El segundo cinturón es el cinturón principal, con los cinco fuertes mencionados anteriormente. A éstos se les une una serie de fuertes de menor superficie y que forman el tercer cinturón defensivo: San Miguel, San Antonio, San Luis, San Carlos, San Fernando, Nacimiento, Santa Teresa, San Pedro, Santiago y la Mona. Por último, el cuarto cinturón está formado por las mezquitas fortificadas y las torres de vigilancia, como son: la torre del Madrigal, entre San Andrés y el Rosalcázar; la torre de los Santos, situada en la montaña, arriba de Mazalquivir; la torre de la Atalaya, situada entre la torre de los Santos y el Castillo de Santa Cruz; y la Torregorda, entre la torre del Madrigal y San Felipe, cuatro veces más grande que la torre del Madrigal. En el plano esquemático se han recopilado todas las obras defensivas de finales del siglo XVIII, siguiendo la documentación histórica. Durante el proceso de urbanización por los franceses, en el siglo XX, han desaparecido varios de los pequeños fuertes y torres que forman la última línea defensiva el este de la ciudad (figura 1).

El fuerte de San Andrés

Situado entre el castillo de San Felipe y la fortaleza del Rosalcázar, es el fuerte más pequeño en superficie de los cinco fuertes principales, pero con máxima importancia para la protección de la ciudad ya que controla las conexiones entre San Felipe, Rosalcázar y la plaza de Orán, y protege los accesos terrestres por la parte sureste junto con San Felipe. Es también uno de los últimos en ser construidos, por lo que es más sólido y más moderno (Pellegat 1926). Se construyó a finales del siglo XVII (Casenave 1922).

En 1693, coincidiendo con un nuevo asedio del sultán de Marruecos, el ingeniero Hércules Torelli proyecta dos nuevos fuertes exteriores, de los cuales San Andrés (figura 2) dispone en su frente de ataque de una gran tenaza con su foso, camino cubierto con plaza de armas y un gran revellín delantero; en la gola ubica dos baluartes más pequeños (Castro

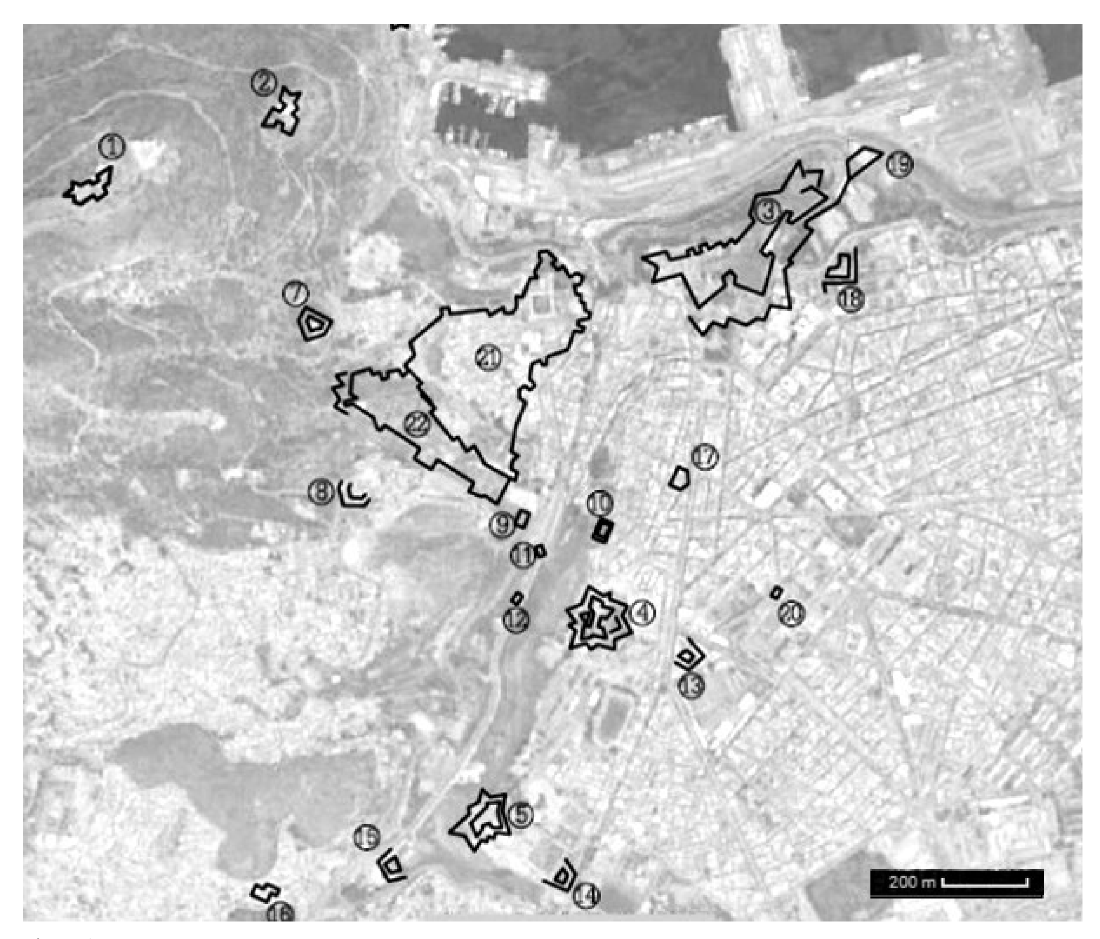


Figura 1
Esquema de la organización del sistema defensivo de Orán en el siglo XVIII (dibujo de la autora 2015)

1. Fuerte de Santa Cruz
2. Fuerte de San Gregorio
3. Fortaleza del Rozalcázar
4. Fuerte de San Andrés
5. Fuerte de San Felipe
6. Batería de la Mona
7. Fuerte Santiago
8. Fuerte de San Pedro
9. Tambor San José
10. Torre Gorda
11. Fuerte de San Antonio
12. Fuerte de San Nicolás
13. Fuerte de San Luis
14. Fuerte de San Carlos
15. Fuerte de San Fernando
16. Torre del Nacimiento
17. Torre Santa Bárbara
18. Fuerte de San Miguel
19. Batería de Santa Teresa
20. Mezquita fortificada
21. Plaza de Orán
22. Alcazaba (Castillo Viejo)

2012). A lo largo del siglo XVIII, intervienen en San Andrés varios de los grandes ingenieros de la corona. Entre 1734 y 1736, Juan Ballester y Zafra propone ensanchar los parapetos de los semibaluartes, añadir dos revellines por los dos lados laterales para cubrir las alas y aumentar la defensa del nuevo reducto que se propone construir, así como demoler las dos mezquitas vecinas. En 1736 propone levantar las plazas

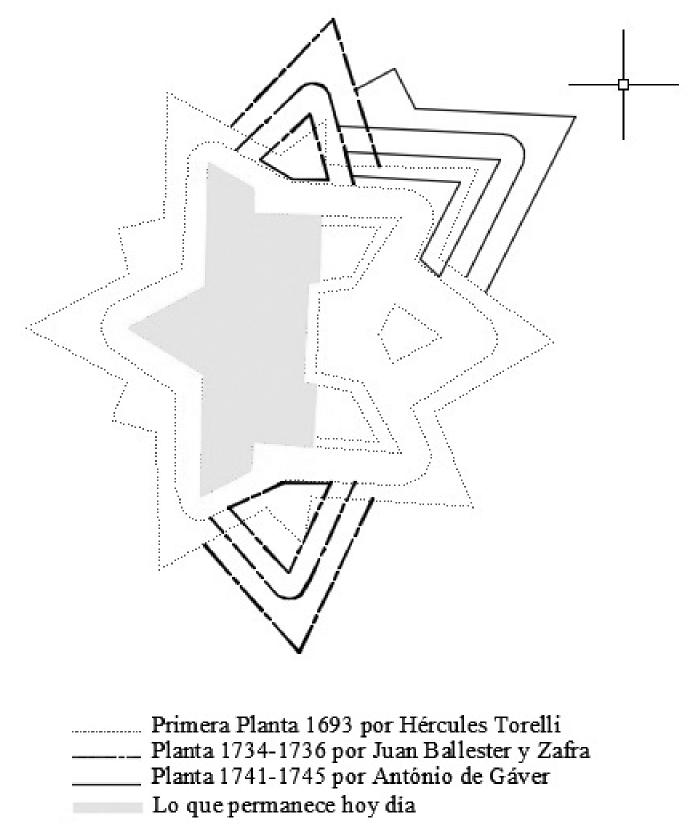


Figura 2
Esquema de evolución del fuerte de San Andrés (dibujo de la autora 2015)

bajas sobre arcos y aumentar los parapetos del revellín. Pero parece que, por lo menos hasta 1738, las únicas obras realizadas fueron la puesta de un puente levadizo para la puerta principal, proceder a algunas reparaciones en el almacén de pólvora y rehabilitar la capilla, según el informe del ingeniero Vallejo (Pellegat 1926).

Sobre un proyecto aprobado por el Rey en 1740, se empezó a realizar una contraguardia por la parte norte. Entre 1741 y 1745 interviene António de Gáver para reforzar «de manera decisiva el castillo de San Andrés, para hacer de él la clave del sistema defensivo oriental de la ciudad» (Epalza y Vilar 1988) y propone ensanchar los parapetos, revocar y repellar los muros del cuerpo interior del castillo, levantar sus flancos y añadir los cuarteles a la prueba, construir un caracol para acceder al revellín, seguir la construcción de la contraguardia con su cuerpo de guardia, aportando algunas correcciones, y propone también una segunda contraguardia por el frente sur que mira a San Felipe.

El 4 de mayo de 1769 se produce un incendio causado por la explosión del almacén de pólvora con 1.721 quintales y deja el castillo destruido por el frente sur quedando las otras partes bastante dañadas. Se propone entonces un proyecto, en septiembre del mismo año, por el ingeniero José Dufresne para la reedificación del castillo (Khelifa 2015).

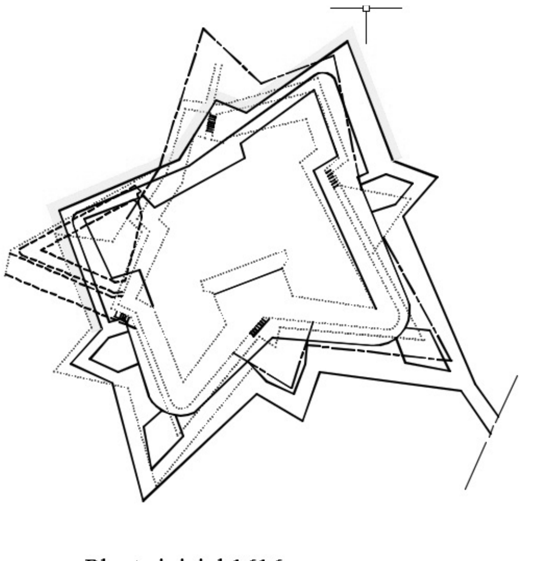
En 1772, el comandante e ingeniero Harnaldo de Hontabat hace una descripción detallada del estado del fuerte. Probablemente, el fuerte se mantuvo así hasta que España se retiró de las plazas de Orán y Mazalquivir. El castillo está compuesto por una tenaza de 73,62 m de lado, defendida por dos flancos re-

tirados. La cortina está cubierta por un pequeño revellín, que acaba de ser reconstruido. El semibaluarte de la izquierda, está cubierto por una contraguardia moderna con dos bóveda a prueba. El fuerte está rodeado de un foso y camino cubierto. Tiene 25 cañones y puede contener 16 más, y necesitaría de 400 hombres para su defensa (Pellegat 1924).

La función defensiva del fuerte de San Andrés se completaba por el fuerte de San Luis, sólida construcción, de reducidas dimensiones, y con foso profundo, con contraescarpa, glacis y puente levadizo, colocado en un paraje más elevado, a unos 150 m de distancia del fuerte hacia el este. Dispone de bóvedas a prueba y alojamiento para 70 hombres. Comunica con San Andrés por un túnel. Cubre las canteras cercanas y las comunicaciones con San Felipe (Pellegat 1924) y con una cortadura que protege el acceso del fuerte y llega hasta le puerta de Tremecen de la plaza de Orán.

En cuanto a los materiales de construcción, se sacaban desde la cantera llamada de Astolf, en las cercanías del fuerte. Contenía varios tipos de piedra, entre ellas, una piedra caliza de color blanco, muy fácil de labrar y se le llamaba del Rozar, y otra más dura que se extraía de la cantera llamada de Cal y se usaba para las plataformas. Existía también otro tipo de piedra, de color más amarillo y una textura más arenosa.

No hay constancia de obras en el fuerte durante el segundo periodo otomano, sin embargo, en el algunos planos de Orán, elaborados por el ejército francés tras su instalación en la ciudad, se nota que el fuerte ha perdido la mitad de su superficie por la parte este, y es así que llega a nuestros días (figura 3). Se pueden plantear, por tanto, las hipótesis de su destrucción, bien como ruina debida al terremoto del 8 y 9 de octubre de 1790, o bien que se haya demolido durante el nuevo proyecto de urbanización de la ciudad del siglo XX.



Planta inicial 1616
Planta en 1693
Planta en 1698
Planta en 1734 tras las intervenciones de Antonio de Gáver y Juan Ballester
Algunos tramos de la muralla que permanecen hasta hoy día estan en esta zona

Figura 3
Puerta de acceso del fuerte de San Andrés actualmente (dibujo de la autora 2017)

El fuerte de San Felipe

Situado en la misma línea que Rozalcázar y San Andrés, al sureste de la ciudad y siendo el más alejado de todos, el fuerte de San Felipe defiende el camino hacia las ciudades de Teremcen y Mostaganem. Se levantó sobre restos de una torre construida en el siglo anterior, llamada torre de los Santos. Se empezó su construcción alrededor de 1616. Las obras duraron varios años, sin llegarse a construir la defensa sólida que se esperaba, aún seis décadas más tarde. Según aparece reflejado en un plano de 1693, el fuerte seguía presentando carencias importantes. Un foso y un camino cubierto eran demasiado estrechos. La bóveda del polvorín no estaba a prueba de bomba, lo que llevó a hacer un terraplén en la gola del través para asegurarla y como consecuencia quedó un lienzo de la muralla sin defensa. Presentaba también varios ángulos muertos por la falta de flanqueo. En cuando a los materiales de construcción, el mortero utilizado para las murallas tenía más piedra que cal, lo que lo dejaba muy débil frente a ataques de cañones, a juicio del ingeniero Vallejo (Pellegat 1926). Se resaltaba además la necesidad de obras de mantenimiento como limpiar el foso y reparar la contraescarpa que estaba arruinada en algunas partes, y revestir los parapetos y las cañoneras.



Figura 4
Esquema de evolución del fuerte de San Felipe (dibujo de la autora 2016)

La primera reforma que tuvo es la construcción del revellín en 1698, para proteger uno de los medio baluartes y su cortina. A partir de 1732, tras retomar el control de Orán, se inició un proceso de reformas importantes en todas las fortificaciones de la ciudad. Como se puede apreciar en el plano de 1734, el fuerte de San Felipe ha conocido también obras importantes, con proyectos de los ingenieros Antonio de Monteagudo y de Juan Ballester (figura 4), primero reforzando la construcción existente, revistiéndola con un muro exterior más sólido, además de revestir los baluartes y las cortinas. Se construyeron los caballeros, unas lunetas en el camino cubierto, una gola, se construyeron también las dependencias de los oficiales, con siete bóvedas a prueba de bomba, se ensanchó el foso, se rodeó de un glacis y se construyó el parapeto de comunicación con el fortín de San Carlos.

En la actualidad ha desaparecido casi por completo: es un campo rodeado de una parte de muralla subsistente, probablemente se haya destruido gran parte tras la toma de Orán por los otomanos, a partir de 1792, donde se ordenó de demoler parte de las grandes obras de fortificación dejada por los españoles, en particular el fuerte de San Felipe, de Santa Cruz y el fortín de San Fernando (Esterhazy 1840) .

El fuerte de Santa Cruz

Construido en la cima de la montaña del Aidour a una altura de 372 m, domina la ciudad y la costa. El primer plano que se conoce del fuerte es del año 1675, dibujado por el ingeniero Pedro Maurel, donde el fuerte está representado por un cuerpo rectangular, que albergaba la zona de alojamientos, separado de otro cuerpo pentagonal que apunta hacía la meseta por una pequeña plaza de armas (Aparici 1995).

En el mismo plano vemos una propuesta de ampliación que consiste en añadir un nuevo cuerpo triangular, apuntando hacia la meseta y una propuesta de construcción de una nueva fortaleza de planta triangular con semibaluartes. Este proyecto tenía como objetivo mejorar la protección por el lado de la meseta, ya que tal y como estaba el fuerte de Santa Cruz no podría defenderse frente a ataques importantes. Este hecho quedó comprobado en 1708 tras la toma de Orán por los turcos, ya que la recomendación de Maurel nunca se llegó a realizar.

En 1708, la armada turca atacó desde la meseta al fuerte de Santa Cruz. Después de su toma, el de San Gregorio, más tarde la Alcazaba y el Rozalcázar y finalmente Mazalquivir. Durante el periodo de dominación turca no se conoce ninguna modificación relevante del castillo de Santa Cruz (Khelifa 2015).

Los españoles recuperaron la ciudad de Orán en julio de 1732, aunque del 27 de septiembre al 4 de octubre de 1732, los turcos y argelinos volvieron a atacar el fuerte desde la meseta, al igual que lo que hicieron en 1708. Sin embargo, esta vez y después de que los españoles hubieran procedido a una mejora provisional del fuerte, el ataque apenas afectó a la ciudad. El fuerte resistió a los ataques pero quedó seriamente dañado.

Juan Baltasar de Verboom, en 1732, representa el castillo a la llegada de los españoles en 1732, donde se puede apreciar el recinto primitivo del fuerte, con planta de polígono irregular con dos espolones y varios revellines y bastiones. Se aprecia el camino de acceso, el albercón extramuros más abajo, los alojamientos, la iglesia y tres espaldones en el espolón de la meseta. En la primera planta se redujo el espacio de alojamiento del gobernador, se suprimió el segundo frente, y se cubrió la segunda plaza de armas para juntarla al espacio del primer frente. Se agregaron dos espacios a nivel del espolón y la garita.

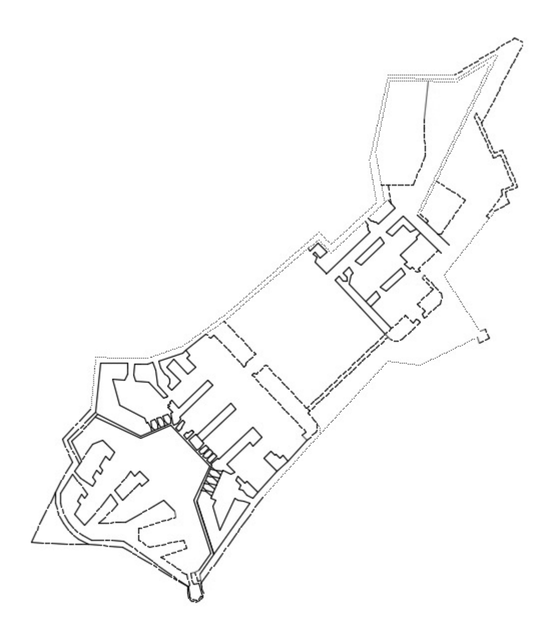


Figura 5.
Esquema de evolución del fuerte de Santa Cruz (dibujo de la autora 2014)

Comparando el plano de Verboom con el de Maurel de 1675, podemos notar que hubo una ampliación en la zona de acceso, rampas y caballeros, probablemente entre 1675 y 1708 (figura 5), si consideramos que en la época turca no hubo obras.

Posteriormente, Montaigu propuso una remodelación del castillo, conservando gran parte de la muralla exterior, e indicando zonas a reforzar, a construir, y a derrumbar. Entre las indicaciones precisa un escarpamiento de 30 pies de alto alrededor de la muralla, la construcción de dos baterías (una en la zona del acceso y otra en la zona intermedia con cuatro troneras). La organización se hace con la idea de crear varias líneas de defensa con foso, por el lado de la meseta: espolón, foso, cortadura, foso, batería nueva.

Después de un laborioso trabajo de varios años en los que participaron grandes ingenieros con estudios detallados de la planta y secciones del castillo, se llega a tener una idea concreta del castillo. A finales del 1736, el plano de Juan Ballester y Zafra ilustra todas las nuevas construcciones desde 1732. Casi todos los esfuerzos se dirigieron hacia la meseta, que representaba el mayor riesgo de ataque. Se prolonga el frente principal con forma de U con 11 bocas de fuego, se refuerza la segunda cortadura para recibir cuatro cañones y se perfecciona espolón con troneras y banquetas laterales. La puerta de acceso fue reforzada por un fortín junto al albercón que aseguraba la comunicación hasta el castillo, y la nueva batería hacia Mazalquivir de cinco piezas que bate la zona oeste.

En 1738 cesó la actividad constructiva y fortificadora propia de los años anteriores. Será a partir de 1770 cuando se reinicie una actividad proyectual y constructiva caracterizada por la mejora del entorno defensivo del fuerte, con construcciones anejas que intentarán proporcionar mayor seguridad y eficacia ante los frecuentes acosos del enemigo.

Posteriormente, hubo una restauración del fuerte entre 1854 y 1860 (Bendaoud 2000) por el cuerpo de ingenieros militares del ejército francés en la que se

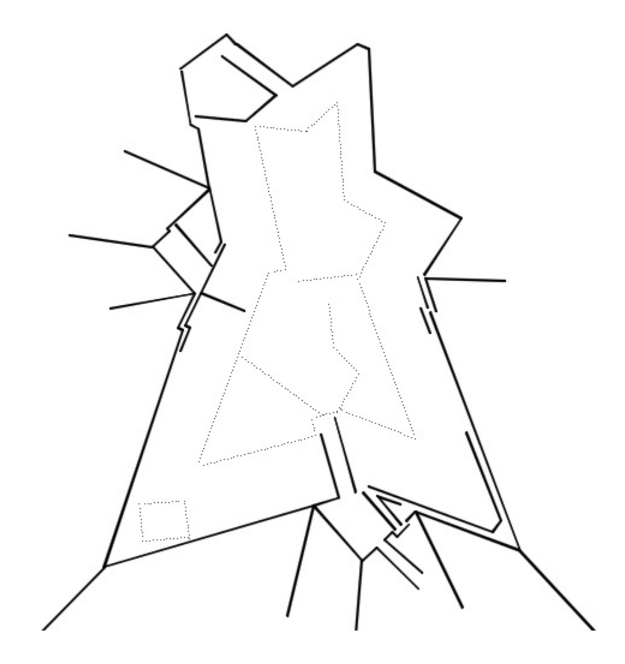
modificó la escalera de acceso. Sin embargo, no hay constancia de posteriores modificaciones en el fuerte, a parte de una rehabilitación superficial sin gran relevancia en la última década.

En la actualidad, en los paramentos de la fortaleza encontramos varios tipos de materiales. El material dominante es una piedra dura de la misma roca sobre la cual está construido. También hay piedra de origen cálcico, más fácil de labrar, frecuente en los elementos arquitectónicos: en la puerta de acceso, las puertas y ventanas. Se usa ladrillo de barro cocido básicamente para las bóvedas, que cubren la mayoría de los espacios internos así como en los arcos.

El fuerte de San Gregorio

Igual que lo que ocurre con San Felipe, en el lugar de San Gregorio existía una torre de vigilancia —la torre del Hacho— anterior a la conquista española que había sido ampliada hacia 1560. Sobre su base se implantó en 1589 el fuerte de San Gregorio en el año 1589 (Khelifa 2015)

Situado en la montaña, más abajo que le fuerte de Santa Cruz del cual depende, su planta se adapta el terreno y es de forma irregular (figura 6). Se construyó basándose en un proyecto del ingeniero Giacome Palearo, más conocido como el Fratín (Cámara 2010). Han intervenido los ingenieros Juan Bautista Antonelli en 1635 y Perdo Maurel en 1675 en proyectos de mantenimiento y reparaciones. En el momento de la reconquista española de Orán en 1732, el fuerte tenía una forma poligonal con cinco espolones y un aljibe en su exterior. Posteriormente, en 1736, se realizaron otras obras de reforma, que consintieron principalmente en ampliar la superficie, incluyendo el aljibe dentro del nuevo recinto, la reconstrucción en la muralla de los parapetos y las bóvedas por el ingeniero Juan Ballester, quien también propone la construcción de una torre circular para albergar



Proyecto Inicial del1589 basado en un proyecto de el Fratin

Ampliación del 1733 por Juan Ballester

Figura 6
Esquema de evolución del fuerte de San Gregorio (dibujo de la autora 2016)

siete cañones. Este proyecto no llegó a realizarse. Aun así parece que el fuerte seguía sufriendo del escaso mantenimiento: hacia 1770 tenía montados nueve cañones (con la posibilidad de acoger otros nueve), contaba con un foso y puente levadizo, una cisterna, y sin embargo carecía de alojamiento seguro y sus parapetos muy débiles. Hasta en algún momento se propuso su demolición y sustitución por una batería en forma de herradura. Este proyecto tampoco no llegó a hacerse nunca.

En el periodo de dominio francés, se construyeron dos búnkeres en el lugar del fuerte, que permanecen hasta hoy día. Lamentablemente, el resto del fuerte ha desaparecido.

Conclusión

La importancia del sistema defensivo español de Orán y Mazalquivir, reside en su vigencia durante casi tres siglos, entre el XVI y el XVIII en los cuales se han ido construyendo y adaptando las fortificaciones, a los diferentes avances de la artillería, de la ingeniería militar y de los cambios en los escenarios políticos de la zona. Este mismo dato, agregado al hecho de que está considerado como el sistema más extenso en superficie de toda la costa magrebí, hace que su estudio nos puede dar mucha información sobre las características de las fortificación moderna española en el norte de África. Los cuatro fuertes que hemos expuesto en esta comunicación han sido proyectados por ingenieros importantes del corona española: Juan Ballester, Pedro Maurel, António de Gáver, etc, ingenieros que han proyectado otras grandes fortificaciones en la Península Ibérica, y que gracias a sus experiencias tanto en Orán como en España han ido mejorando soluciones constructivas para una mejor defensa ante el avance permanente en la artillería, siempre adaptándose al contexto, al terreno, a los materiales presentes en las cercanías del los fuertes, y haciendo lo posible con los medios económicos que se les podía otorgar para cada intervención.

Lista de referencias

Aparici, Vera J. 1995. «El Castillo de Santa Cruz. Paradigma de la arquitectura militar española en Orán». *Aldaba* 26: 309–343

Bendaoud, Raja Halima. 2000. *Etude de l'Architecture Militaire de la ville d'Oran pendant l'occupation Espagnole.* Argel: EPAU.

Cámara Muñoz, Alicia. 2010. Leonardo Turriano al servicio de la Corona de Castilla. En *Leonardo Turriano: ingeniero del rey* , editado por Alicia Cámara Muñoz, Rafael Moreira y Marino Viganò. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

Castro, J.J. y Á.Cuadrado. 2012.La fortificación de la corona hispánica en el mediterráneo durante los siglos XVI y XVII. En *Actas del IV Congreso de Castellología*. Madrid: Asociación Española de Amigos de los Castillos.

Cazenave, Jean. 1922. «Les présides espagnols d'Afrique, leur organisation au XVIIIème siècle». *Revue Africaine* 312–313: 457–458.

Cobos, F. 2013. Caracterización y reconocimiento de los valores de la fortificación hispánica. En *Actas del ICOMOS International Scientific Committees on Fortifications and Military Heritage (ICOFORT) and Shared Built Heritage (SBH).* La Habana.

Esterhazy, Walsin. 1840. *De la domination turque dans l'ancienne régence d'Alger.* Paris: Librairie de Charles Gosselin.

Epalza, M. Vilar, J. 1988. *Planos y mapas hispánicos de Argelia XVI-XVIII*. Madrid: Instituto Hispano-Árabe de Cultura.

Pellegat, G. 1924. «Relación general de la consistencia de las plazas de Orán y Mazarquivir (Mers-el-Kébir) por el coronel commandante de yngeneros don Harnaldo Hontabat (1712)». *Bulletin de la Societé de Geographie et d'Archeologie d'Oran* 44: 99–130, 211–264.

Pellegat, G. 1926. «Contribution à l'histoire du vieil Oran. Relacion de todas las obras de fortificacion y correspondientes a ellas que se han executado en las plazas de Oran, Mazarquivir, y sus castillos desde el dia 1° de enero de 1734 hasta el presente de 1738». , *Bulletin de la Societé de Geographie et d'Archeologie d'Oran* 46: 211–238

Khelifa, Amine. 2015. *Monarquía de España ss. XVI-XVIII: Evolución cronológica del sistema defensivo de Orán y Mazalquivir.* Alcalá de Henares: CEDCS.

Lespès, René. 1938. *Oran, Étude de géographie et d'histoire urbaines*. Paris: Alean.

Vilar, Juan Bautista. 2001. *Ciudades fortificadas españolas en el norte de África. Orán-Mazalquivir como compendio y modelo de enclave español en el Maghreb*. Cartagena: AFORCA.

La formación reglada de los arquitectos en España desde el siglo XVIII hasta el siglo XX. Puntos de inflexión e influencia en el ámbito de la profesión arquitectónica

Olatz Ocerin Ibáñez

El siguiente texto[1] tiene como objeto facilitar la compresión de la influencia en el ámbito profesional arquitectónico de los puntos de inflexión habidos en la formación reglada arquitectónica en España entre el siglo XVIII hasta el siglo XX. Para ello se trazará una perspectiva general histórica[2] de la formación que recibieron los arquitectos dentro de instituciones oficiales ya que dentro de la formación reglada el surgimiento de centros reconocidos traerá consigo significativos cambios normativos que afectarán a la forma de ejercer la profesión arquitectónica y por tanto a la competencia sobre el hecho constructivo.

Primera formación académica de los arquitectos en España: la Academia y las Escuelas de Dibujo

Como es sabido, a principios del siglo XVIII aún se mantiene en España el sistema gremial como modo predominante de ejercer la profesión arquitectónica. Es por ello que la arquitectura continuó siendo considerada un arte mecánico hasta que a mediados del siglo XVIII fue reconocida como una de las Bellas Artes y comenzó a ser enseñada en la Academia. La fundación de la Academia[3] y de las Sociedades Económicas generó un cambio de modelo institucional y profesional, basado en las ideas ilustradas enciclopedistas, que renovó las prácticas y modos de formación de los aún agentes de la construcción. Como es sabido, fue en 1744[4] cuando comenzó en España a funcionar la Escuela de Nobles Artes de la Real Academia de San Fernando[5] de Madrid. Esta institución fue la que se ocupó de la formación de los arquitectos, generando un significativo cambio normativo dentro de la profesión arquitectónica: por primera vez, se debía tener el título de arquitecto para poder ejercer la profesión. Ello, en consecuencia, generaba la obligación de formarse en la Academia para poder obtener el título de arquitecto. La Real Academia de Bellas Artes de San Fernando se significó por tanto como la institución que aunó, entre 1744 y 1845, el año de la creación de la Escuela de Arquitectura de Madrid, todos los ámbitos relativos a la arquitectura: enseñanza y formación, habilitación y regulación de los profesionales, y difusión de las teorías y pensamiento arquitectónicos.

La creación de la Real Academia de San Fernando supuso un cambio radical en el ámbito constructivo de la arquitectura ya que todos los agentes de la construcción debían validar su capacidad profesional con un título otorgado por la propia Academia. Este título podía ser de Arquitecto o Maestro de obras en función de la valía del aspirante a resultas de que el maestro de obras quedó bajo la dirección del arquitecto limitando por primera vez sus competencias profesionales. Ello implicó que los profesionales que habían ejercido su actividad constructiva y arquitectónica libremente hasta mediados del siglo XVIII tuvieron que ser examinados por la Real Academia para poder ejercer la profesión. Por añadidura, supuso un trastorno social en el ámbito constructivo ya que se impidió en la práctica la continuación de la

construcción de edificios puesto que quienes ejercían de directores de la obra eran o maestros de obra que no estaban titulados o jóvenes estudiantes que todavía no tenían el título.[6]

Los aspirantes a arquitecto de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando de Madrid debían cumplir asimismo un período de tiempo de prácticas,[7] de entre seis meses y tres años, supervisado por arquitectos ya titulados. En algunos casos se generaban fuertes vínculos que les permitían tener una fluida transmisión de conocimientos muy parecida a la que hasta mediados del siglo XVIII habían ejercido los gremios gracias a las figuras de maestro y aprendiz. Era la manera de transmitir los secretos del oficio imposibles de conocer únicamente mediante la enseñanza académica. Este sistema de afianzamiento de la formación, de carácter empírico, volvía sin proponérselo, a los métodos seculares gremiales que la Academia perseguía (Laborda 2011, 34–36).

No obstante, la Academia no fue la única institución donde se impartía formación reglada para los agentes de la construcción. A mediados del siglo XVIII y ante la carencia en España de centros de enseñanza con el nivel técnico y científico similar a los extranjeros se impulsó la creación de las Sociedades Económicas. Estas Sociedades recogieron el ideario ilustrado con el objetivo de despertar un proceso de regeneración ante la delicada situación del país. Tal y como señala Honour (1985), las sociedades económicas ayudaron de forma importante al buscado desarrollo significándose como la primera oposición al barroco decorativo ya que, entre otras razones, encarecía la construcción. Estas tenían una relación directa y continuada con la Academia de San Fernando ya que, entre otras razones, algunos de los fundadores de estas sociedades eran asimismo miembros de la Academia. En España, Granada o Valladolid se crearon sociedades de carácter económico aunque fue la del País vasco la primera de todas ellas.

Las Escuelas de Dibujo de la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País y las Artes (1774)

Centraremos nuestra atención por tanto en el País Vasco, en la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País,[8] que fue a la sazón la primera sociedad económica del país.En su seno se crearon, por una parte, las primeras Escuelas gratuitas de Dibujo, y por otra parte, se diferenció la enseñanza de arquitectos y maestros de obra, estableciendo a la manera académica las competencias de ambos profesionales. Esta sociedad nació impulsada por Xabier María Munibe, conde de Peñaflorida, un noble vasco formado en la cercana Francia defensor de los ideales ilustrados.

Las Escuelas de Dibujo[9] se crearon durante los últimos veinte años del siglo XVIII, tras la creación de la Academia de San Fernando en 1744, con el objetivo de elevar el nivel intelectual de la población a través del cultivo del dibujo y facilitar el acceso de alumnos de provincias que no podían trasladarse a Madrid. A estos primeros centros de enseñanza acudieron «los más destacados pensadores, arquitectos y maestros de obras que realizaron su labor a fines del siglo XVIII y principios del XIX» (Ruiz de Ael 1993,380). Estas Escuelas se establecieron dentro de las Sociedades Económicas ya que el Dibujo era considerado como herramienta fundamental en cualquier oficio pero principalmente en la práctica de la arquitectura. En general, la docencia de los principios básicos de arquitectura se realizaba en dichos centros, si bien a la hora de perfeccionarse o de obtener la titulación de arquitecto, se debía contrastar esta formación y ampliarla en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.

En 1774 se ponen en marcha las tres primeras Escuelas gratuitas de Dibujo en el País Vasco gracias a la propuesta de la cuarta comisión[10] de la Real Sociedad Bascongada. Gracias a la utilidad del dibujo se acordó que se estableciese una en la ciudad de Vitoria, otra en Bilbao y otra en Vergara especificando que dichas Escuelas deben ir encaminadas a perfeccionar las artes y los oficios, «puesto que su instituto no ha de ser enseñar los primores del arte, sino el uso provechoso que de él se pueda hacer» (Ruiz de Ael 1993,108). La implantación en 1774 de estas Escuelas gratuitas -«en las que se enseña este importantísimo arte durante 8 meses al año, sin que los discípulos tengan que pagar más que el papel y el lápiz, los cuales también se dan gratis a los pobres»-, coincide plenamente con el «boom académico» que se produjo en aquellos momentos de la segunda mitad del siglo XVIII por toda Europa. En ellas se daba una enseñanza referida al dibujo como gramática de todo oficio. La adquisición de este tipo de formación serviría a los futuros profesionales para procurarse un trabajo útil y digno para su propio beneficio y el del Estado.

Estas Escuelas de Dibujo dependientes de la Bascongada poseen un marcado componente enciclopédico francés. Es conocido que el sistema técnico de enseñanza que empleaban los artesanos medievales es aún vigente a mediados del siglo XVIII. Hasta entonces la Academia se mantuvo al margen de esta enseñanza interesándose sólo por las Bellas Artes. Sin embargo, esto cambiará después de 1750 cuando no sólo las Academias, sino las escuelas locales, los consulados, los municipios y las sociedades económicas están interesados en mejorar el gusto de las pequeñas industrias, del artesano y del trabajador en talleres. Las Escuelas creadas en 1774 en Vitoria, Bilbao y Bergara, son academias en las que si bien se tiene en cuenta el objetivo económico, van también encaminadas a un desarrollo de la sensibilidad y educación artística.

Como se ha señalado anteriormente, otro de los aspectos importantes que nos ofrece el ejemplo de la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País es precisamente que los socios bascongados incidieron en la diferenciación de las competencias profesionales de arquitectos y maestros de obra en el territorio vasco de finales del siglo XVIII al formular una formación diferenciada entre ambos: los primeros asistían a las Escuelas de Dibujo y los segundos al Real Seminario Patriótico de Vergara. Mientras que la arquitectura dentro de las Escuelas de Dibujo no pasa de ser una formación básica, de principios, con objeto de que el estudiante se perfeccione posteriormente en otras academias más especializadas, la enseñanza de la arquitectura dentro del Seminario de Vergara va dirigida a futuros profesionales y agentes de la construcción. Su objetivo era proporcionar al país maestros bien formados y hábiles en su oficio, cuyo cometido era realizar obras de menor carácter, como edificios particulares, fuentes, caminos públicos obras de agua dirigidos a maestros de obras eminentemente prácticos. Esta enseñanza específica que en el terreno de la arquitectura se llevaba a cabo en el Seminario de Vergara intentaba dar solución: «al abuso que se experimenta en introducir en estos gremios gente sin pericia suficiente y así evitar las funestas consecuencias que se experimentan de meterse indistintamente en esta género de empresas cualquiera arquitectos, maestros de obras, canteros, albañiles y carpinteros». El Seminario de Vergara por lo tanto no formaba magníficos arquitectos que ejecutaran monumentales construcciones como palacios, templos, fortificaciones o puestos marítimos sino que la enseñanza se dirigía a proporcionar al país, maestros bien formados y hábiles en su oficio, cuyo cometido era realizar obras de menor carácter, como edificios particulares, fuentes, caminos públicos u obras de agua. De esta forma se ayudaba al inmediato desarrollo y necesidades del país a la vez que se evitaba que maestros carpinteros, albañiles u otros profesionales de escasa preparación se entrometiesen en este oficio. Es por ello que esta enseñanza va dirigida a maestros de obras eminentemente prácticos que fuesen capaces de diseñar edificios o construcciones de más inmediata utilidad. Es de destacar por otra parte, la especial insistencia que se hace en la buena preparación que deben de poseer estos hombres en la arquitectura hidráulica, puentes, ferrerías, martinetes, construcciones de caminos y todas aquellas construcciones que ayuden a desarrollar de la forma más rápida posible el escaso desarrollo industrial y de obras públicas del país.

Las primeras Escuelas de Arquitectura y las reducidas promociones de arquitectos en España

El siglo XIX se caracteriza por la creación de las Escuelas de Arquitectura de Madrid y Barcelona. La creación de ambas fue en realidad un segundo paso del iniciado cien años antes por la Junta preparatoria de la que sería la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando; en consecuencia, las Escuelas de Arquitectura se significaron como un segundo paso del inicial dado por la Academia para el enorme salto desde el sistema gremial propio de inicios del siglo XVIII a la profesión liberal del siguiente siglo (Navascués 2004,13).Se mantendrá durante este siglo la obligatoriedad de poseer el título de arquitecto para firmar proyectos y dirigir obras. El escaso número de arquitectos egresados por estas dos Escuelas -las únicas existentes en España hasta mediados del siglo XX-revela la necesidad de que los maestros de obra dirigieran la construcción de los Ensanches decimonónicos de las capitales españolas.

La reforma de la enseñanza de la arquitectura de mediados del siglo XIX, y por tanto la creación de la Escuela de Madrid, debe encuadrarse en la política educativa puesta en vigor por el partido moderado al llegar al poder en 1844.[11] La arquitectura va a comenzar a ser uno de los grandes negocios de la bur-

guesía, para lo que era preciso que la Escuela capacitase a sus alumnos para servir a ese interés. Es por ello que se separa de la Academia de Bellas Artes bajo la aspiración de ampliación de la enseñanza de los aspectos técnicos y del confort. La creación de la Escuela de Arquitectura de Madrid mantiene la tutela de la Academia, sin llegar a ser aún un organismo con orientación específica e independiente. De hecho los criterios dominantes desde los que se plantean la enseñanza de la arquitectura son los típicos del academicismo: mímesis de aportaciones consagradas y escala de valores basada en el equilibrio, la simetría y la proporción. Prueba de ello son los nombres de las asignaturas gráficas: Principios de Delineación y Lavado, Delineación de los Órdenes de Arquitectura y Copia de Detalles de edificios antiguos y modernos entre otros (Vidaurre Jofre 1975,47–49). El hecho de que la arquitectura viniese tutelada por la Academia de Bellas Artes, había contribuido a determinar un repertorio formal y una imagen simbólica demandada por la Iglesia, la aristocracia y el Estado. En resumidas cuentas, como indica Navascués (2004) «no surgió la nueva Escuela como secesión ni gesto rebelde respecto a la Academia». Es en 1857 cuando la Escuela de Arquitectura consigue la independencia total de la Academia de Bellas Artes al incorporarla a la Universidad para dotarla de una base de enseñanza superior y adquiriendo los ideales del plan de 1845 su total desarrollo (Vidaurre Jofre, 1975,50). Otra de las consecuencias directas fue asumir la propiedad de libros, que hasta entonces habían estado en régimen de cesión a la Escuela por parte de la Academia de San Fernando (Prieto González 2004,254).

En Barcelona[12] la enseñanza de la arquitectura no había encontrado sitio, salvo dentro del amplio plan de estudios sostenido por la Lonja en el siglo XVIII. La fuerte importancia del gremio Mestres de Cases y Molers servía como freno al establecimiento de la enseñanza de la arquitectura en aquella ciudad. Además existía la Real Academia de Matemáticas, donde se formaron los maestros de obras y arquitectos barceloneses que luego obtuvieron el título correspondiente en la Real Academia de San Fernando de Madrid, o en la de San Carlos en Valencia. Esta situación hacía menos urgente la enseñanza de la arquitectura en la Lonja y hubo que esperar hasta 1817 en que se organizarían, de modo intermitente y con muchos problemas, las clases de arquitectura.

El encargado de poner en marcha la Escuela de Barcelona fue el vizcaíno Antonio Celles y Azcona quien presentó en 1815 a la Junta de Comercio que dependía de la Lonja un plan de estudios. Formado en los círculos más avanzados de la Europa del momento –la Roma de Milizia, Valadier y Piranesi- con él la arquitectura ya no se basa en la práctica artesanal y en el aprendizaje de taller, sino que se comienza con una docencia teórico-práctica basada en un método derivado del de las Academias. Pero como señala el texto de la Exposición conmemorativa de los cien años de la Escuela de Barcelona, esta enseñanza que marca tan profundamente la producción arquitectónica en el siglo XIX en Cataluña es de un provincianismo indiscutible a pesar de que las técnicas de representación, los temas y el repertorio morfológico correspondan al idealismo civil de la época. Su dependencia a la Academia de San Fernando y la falta de una dotación económica relevante impiden el desarrollo de una escuela barcelonesa.

Las clases se inauguraron en la Escuela de Barcelona en 1817, se interrumpen en 1825 por diferencias entre Celles y la Junta de Comercio y se reanudan en 1826. Esta enseñanza se sostuvo hasta el año se 1849 en el que se reorganizan las Academias provinciales de Bellas Artes, que en Barcelona se denominaría Real Academia de Bellas Artes de San Jorge, siendo sin duda una de las más activas del país. Es de las últimas que asumen una categoría similar a la de la Real Academia de San Fernando en Madrid. Con la instauración de esta Academia provincial se hace oficial también la Enseñanza de los Maestros de obras**.** Parte de esta actividad se debía a la seria organización de la Escuela de Maestros de Obras y Directores de Caminos vecinales, que dependía de aquella y de la que fue en 1850 primer director Casademunt que era arquitecto y enseñaba geometría descriptiva. Sin embargo, la creación de este nuevo centro conoció muchas dificultades, pues al suspenderse el apoyo estatal a las escuelas de maestros de obras en 1869, estas desaparecieron y con ellas la de Barcelona. Por sus aulas habían pasado un buen número de profesionales responsables de gran parte de la construcción del ensanche Cerdá de Barcelona. Entre los profesores de la misma también estaban Máximo de Robles, Francisco de Paula Villar, Elias Rogent, que sería a su vez director de la Escuela de Arquitectura de Barcelona (1875–1889) a quien sucedería el propio Villar (1889–1900). Bajo estos dos nombres se resume

la vida de la Escuela de Arquitectura de Barcelona en sus primeros 25 años.

Ante esta situación la Diputación apoyó la creación de una Escuela de Arquitectura, con el profesorado de la antigua de Maestros de Obras, dentro de una Escuela Politécnica Provincial en 1869 pero que fue suprimida en 1871. La Diputación de Barcelona tomó de nuevo la iniciativa y decidió la creación de la Escuela Provincial de Arquitectura en 1871, que expidió títulos de arquitecto que había de revalidar en Madrid hasta que en 1875 logró Barcelona un reconocimiento definitivo.

Como se ha indicado anteriormente, las promociones de arquitectos egresados en las Escuelas de Arquitectura españolas durante el siglo XIX eran muy reducidas llegando a ser de tan sólo 10 titulados arquitectos. Las razones de esta situación son diversas. Por una parte, la necesidad de controlar el número de titulados aparece en la reforma de 1896 donde se impone el *numerus clausus* (Kostof 1984,310). Y por otra, la exclusividad de los estudios de arquitectura, exclusividad que se debía a la dificultad de la carrera y a su larga duración. Ello tuvo como consecuencia que un bajísimo número de arquitectos ejercieron la profesión en el ámbito constructivo de finales del siglo XIX. Un ámbito, recordemos, inmerso en un creciente desarrollo edificatorio que se dio con la construcción de los ensanches. Por tanto, tal y como nos advierte Navascués (1995) «es impensable que el volumen de obra arquitectónica producida en nuestro siglo se deba a las decenas de arquitectos salidos de las Academias y luego de la Escuela de Madrid y Barcelona». Ello dio lugar a que el auge real de la profesión de maestro de obras en España fuera entre 1850 y 1870; el cual coincide con el período de veinte años en el que estos maestros de obras construyeron un porcentaje elevado de los ensanches de las principales ciudades del país.

Navascués recalca asimismo que

La huella dejada por estos maestros de obras no sólo es importante numéricamente, sino por extensión geográfica, así como los arquitectos están concentrados en las grandes ciudades, los maestros de obras trabajan en núcleos de población más reducidas por no despreciar las mismas capitales. Santiago de Compostela, Barcelona, Valencia, Madrid o Cádiz entre otras ciudades se encontrarán con toda una arquitectura que tiene el inequívoco sello de su pertenencia a un maestro de obras, muchos de los cuales luego serían celebrados arquitectos, a raíz de la desconsideración legal y social que este colectivo conocería desde el siglo XVIII, en relación con las titulaciones de la Academia, que obligó a muchos de ellos a hacer los cursos de la Escuela de Arquitectura, sin que este paso mejorara su ya probado talento (1995,33).

Esta situación exasperaba a los arquitectos pero aún enfadaba más al colectivo la casi total equivalencia de atribuciones entre ambos, arquitectos y maestros de obras, a pesar de que no existiera el más mínimo de correspondencia en los estudios exigidos a cada titulación. Además, como señala Prieto González (2004,147) se producía la circunstancia de que un maestro de obras podía adquirir más competencias profesionales comprando títulos directamente y sin necesidad de nuevos estudios y exámenes. Sirva como ejemplo que el título de Director de caminos vecinales se podía adquirir por 500 reales y el de agrimensor y aforador por 300 reales. Nieves Basurto (1999,31) señala por su parte que la inclinación por la formación como Maestros de Obras de los hijos de los que normalmente estaban subordinados a los arquitectos en la ejecución de las construcciones –los capataces, agrimensores o maestros de caminos- les equiparaba profesional y socialmente a los arquitectos, lo que tampoco era asimilado por este colectivo.

A pesar de estas luchas por las competencias profesionales lo que sí parece indudable es que gran parte de la arquitectura española del siglo XIX se debe en buena medida a los maestros de obras. Una de las razones principales de esta situación fue el escaso número de arquitectos en el mercado laboral decimonónico. Como se verá a continuación, no será hasta mediado el siglo XX que esta situación se intente enmendar.

Las Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura de mediados del siglo XX

La singularidad del siglo XX en la profesión y la formación arquitectónica viene determinada por los contextos diferenciados que generan la convulsa realidad social y política de España. Así, a principios de siglo se mantiene y se alarga la situación existente durante el siglo XIX. Las Escuelas de Arquitectura se rigen por un Reglamento de 1914 que es en realidad una continuación del Plan de Estudios de 1896.A tra-

vés de las pruebas de ingreso eliminatorias se mantiene casi constante el número de alumnos del primer curso.

Tras la guerra civil el plan de estudios anterior sigue vigente en las escuelas de arquitectura de Madrid y Barcelona pero no hay ni profesores ni alumnos que puedan seguirlo adecuadamente. En la escuela de arquitectura de Madrid ingresan sólo 25 alumnos en el curso 1942–43 mientras que el total de egresados en toda España rondaba los 50 profesionales al año. El bajo número de arquitectos se mantendrá por tanto de manera constante hasta mediados del siglo XX, concretamente hasta 1957 cuando la política gubernamental franquista modifique sustancialmente esta situación en busca de un desarrollo tecnológico y tecnocrático. Ese año será en el que el Gobierno franquista, inmerso en la política desarrollista, busque generar un elevado número de técnicos en España a través de la aprobación de la Ley de Ordenación de las Escuelas Técnicas de 1957. La aprobación de esta Ley generará la oportunidad de creación de nuevas Escuelas de Arquitectura en cualquier ciudad de España que a partir de entonces se llamarán Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura. Desde el momento de promulgación de esta ley se produce una lucha sustentada por un afán constructivo para conseguir algunos de dichos centros docentes (TRILLO DE LEYVA, 2010:42).La creación de la Escuela de Sevilla en 1959 marcará el inicio de la multiplicación de centros docentes de la arquitectura. Tras Sevilla vendrá la Escuela de Pamplona en 1964, la de Valencia en 1967, la de Valladolid en 1968, la de Las Palmas en 1973, La Coruña en 1974 y la de Donostia/San Sebastián en 1977. Esto dará lugar a la descentralización y extensión de la enseñanza técnica en España. Según recoge Pérez Escolano (1975:220) ello conllevará un inmenso boom de profesionales. En tan sólo 4 años en un 100% el número de egresados mientras que en un período de seis años (de 1964 a 1970) se elevará casi en un 500% los nuevos titulados en arquitectura.

Se puede decir por tanto que la aprobación de la Ley de Ordenación de las Escuelas Técnicas de 1957,impulsora de la fundación de las Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura en España, significará un punto de inflexión que transformará la profesión arquitectónica al aumentar exponencialmente el número de egresados y, por tanto, de profesionales en el mercado laboral.

Conclusiones

En este relato histórico hemos señalado como primer punto de inflexión la creación de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando ya que formación y habilitación profesional arquitectónica quedan por primera vez en manos de la autoridad académica. Pero también es un cambio de una gran relevancia ya que frente al sistema gremial se establece la Academia como autoridad normativa que regula y ordena tanto la profesión como la formación del ejercicio arquitectónico. Esto genera un importante cambio institucional, profesional y social en el ámbito de la construcción. De manera paralela, en el territorio vasco de finales del siglo XVIII, la creación de la primera sociedad económica del estado fortalecerá asimismo la diferenciación de las competencias profesionales entre arquitectos y maestros de obra al establecer una formación diferenciada para ambos: las Escuelas de Dibujo y el Seminario de Vergara respectivamente.

Durante la segunda mitad del siglo XX la habilitación profesional de los arquitectos se traspasará a las Escuelas de Arquitectura de Madrid y Barcelona en busca de una ansiada autonomía respecto del control académico que mejore la formación de los arquitectos. El cambio, tal y como se ha desarrollado a lo largo del texto, no será lo suficientemente efectivo. La creación de las Escuelas de Arquitectura en 1845 en Madrid y en 1875 en Barcelona, por una parte, no aportará significativas modificaciones en la formación de los jóvenes aspirantes al título de arquitecto. Por otra parte, el bajo número de egresados que aporten estas dos Escuelas a la sociedad española será insuficiente para el creciente desarrollo que los Ensanches de los núcleos urbanos demandan. En consecuencia, deberán ser otros miembros de la profesión arquitectónica, esto es, los maestros de obra, quienes construyan muchos de los edificios de los Ensanches españoles del XIX.

Hasta mediados del siglo XX se mantendrá este contexto profesional de un bajo número de arquitectos en España. La aprobación de la Ley de Ordenación de las Escuelas Técnicas de 1957 permitirá la creación de las Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura, lo que disparará el crecimiento del número de arquitectos en el mercado español en un breve período de tiempo.

En definitiva, esta perspectiva general –o relato histórico- nos ha permitido señalar cómo la creación

de centros reconocidos para la formación arquitectónica a lo largo del período histórico que abarca mediados del siglo XVIII hasta mediados del siglo XX (Academia-Escuelas de Dibujo-Escuelas de Arquitectura-Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura) no han sido meros cambios de programa académico sino que han dado lugar a puntos de inflexión que han afectado de manera significativa la deriva de la profesión arquitectónica y por ende al establecimiento de la competencia profesional respecto del hecho constructivo.

Notas

1. Este artículo recoge apartados de la tesis presentada en 2016 por la autora bajo el título «Formación y profesión arquitectónica en el País Vasco (1774 – 1977). Origen y evolución de la profesión de arquitecto desde el siglo XVI hasta la creación de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la UPV/EHU».
2. Los estudios históricos ocupan un lugar secundario dentro de la Historia de la Construcción si nos atenemos a la siguiente definición de Santiago Huerta (2009, xiii) relativa a la misma: «La Historia de la Construcción es el estudio cronológico de las técnicas aplicadas a la construcción de obras de arquitectura e ingeniería civil. Hay dos aspectos: la historia y la construcción. Es el segundo el principal». Tal y como la definición señala, aunque una investigación histórica no tenga un carácter principal en la Historia de la Construcción, son indudables los aportes que esta disciplina puede ofrecer. En ese sentido y dado el relevante carácter de los arquitectos en el hecho constructivo, la historia de su formación afecta ineludiblemente a todos los agentes de la profesión arquitectónica.
3. A partir de la creación - oficial- en 1752 de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando surgieron otra serie de academias como la de San Carlos de Valencia o San Luis de Zaragoza que gozaron así mismo de gran prestigio. Por otra parte consulados como el de Burgos o Barcelona, o iniciativas de particulares interesados en las artes como el cardenal Lorenzana en Toledo, u O´Relly en Cádiz, y ciudades con gran tradición artística como Sevilla, potenciaron con el mantenimiento y creación de nuevas academias su expansión por todo el Estado. En España será Pedro Navascués (1995) quien se encargue de tipificar el florecimiento de nuestras academias.
4. Oficialmente la Real Academia se fundó en 1752 aunque funcionaba desde 1744.
5. En España y hasta el año de 1858 la pintura, la escultura y la arquitectura estaban reunidas en las escuelas llamadas precisamente de Bellas Artes, pero a mediados del siglo XIX el estudio reglado de la arquitectura se realizaba ya fuera de las Academias de Bellas Artes, en escuelas especiales. Fue en el terreno de la arquitectura, donde la Academia de San Fernando centró fundamentalmente su trabajo, hasta convertirse en objetivo primario de la institución (HONOUR, 1982:9–45).
6. Laborda Yneva (2011:27–28), en su estudio sobre las pruebas de examen de los arquitectos vascos en la Academia madrileña, enumera los distintos grados o títulos que la Academia otorgaba a los arquitectos titulados en función de sus méritos. Resulta muy relevante dicha enumeración ya que aclara el origen de las diversas denominaciones que la bibliografía utiliza para referirse a los arquitectos.
7. Laborda puntualiza que el término «aspirantes» engloba a alumnos jóvenes pero también a Maestros de obra que aspiraban obtener la titulación de arquitecto (Laborda, 2011: 36).
8. Para el desarrollo del siguiente apartado nos basaremos casi de manera exclusiva en la publicación de Mariano Ruiz de Ael «La Ilustración artística en el País Vasco. La Real Sociedad Bascongada de Amigos del País y las Artes» gracias a su exhaustiva investigación sobre dicha sociedad económica que refleja la primera formación reglada de los arquitectos vascos en las Escuelas de Dibujo.
9. Los Extractos de la Bascongada del año 1762 recogen una solicitud de la Sociedad de Jaca. En ella se pidió informes de los objetos que podían servir para planificar allí una Escuela de Dibujo como fundamento esencial de la industria. Estas consultas sobre la puesta en marcha y sistema de funcionamiento de las Escuelas de Dibujo del País Vasco se hacen extensivas a otras ciudades como Burgos y Pamplona. El Consulado de Burgos pide asesoramiento a la Real Sociedad Bascongada sobre la disciplina del dibujo, al ser nombrado protector de las escuelas aquí creadas por la Junta del Consulado burgalés. Por otra parte, también la Escuela de Pamplona solicitará los reglamentos a las Escuelas de Dibujo. Estudiosos como Pedro Navascués o Joaquín Bérchez ya han señalado en numerosas ocasiones lo escasamente estudiado que se encuentra el aporte que las Sociedades Económicas, vinculadas e incluso dependientes de la Academia, tuvieron en la formación de arquitectos. Fue en el seno de estas instituciones, donde se llevaron a cabo una serie de importantes transformaciones en todos los órdenes de la vida, que afectaron de modo especial al campo de la formación y la profesión arquitectónica.
10. Esta comisión, dedicada a la historia, política y buenas letras, había creado diversos centros docentes llamados Escuelas de Letras Menores donde se enseñaba lengua castellana, caligrafía, matemáticas y dibujo.

11. El 25 de septiembre de 1844 la Reina firma el Real Decreto relativo a la reorganización de las Enseñanzas de la Academia de Bellas Artes que contempla ya la futura Escuela de Arquitectura. El primer año en el que pudieron darse estudios especiales de arquitectura fue el curso escolar de 1845–46, año en que la arquitectura, al igual que la escultura y la pintura se incluían en la nueva Escuela de Nobles Artes, dependiente todavía de la Academia de San Fernando pero con nuevos programas y criterios. Esta situación se mantuvo hasta 1848, siendo Bravo Murillo ministro de Comercio, Instrucción y Obras Públicas. Fue entonces cuando se creó la Escuela Especial de Arquitectura, que como hemos dicho anteriormente, parece resucitar un viejo proyecto de organización politécnica que contaba con antecedentes desde 1822.
12. Con motivo del Centenario de la fundación de la Escuela de Arquitectura de Barcelona se celebró en 1975 una exposición. En 1977 se publicó el catálogo que recoge dicha exposición y que ahonda en los cien años de enseñanza de la arquitectura en Barcelona: *Exposiciò commemorativa del Centenari de l´*escola *d´arquitectura de Barcelona. 1875–76/1975–76*. (1977), Barcelona: ETSAB.

Lista de referencias

Basurto, N. 1999. *Los maestros de obras en la construcción de la ciudad. Bilbao 1876–1910*. Bilbao: Diputación Foral de Bizkaia-Departamento de Urbanismo y Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Bizkaia.

Bedat, C. 1990. *La Real Academia de Bellas Artes de San Fernando 1744–1808*. Madrid: Gredos.

Berchez, J. 1987. *Arquitectura y Academicismo*. Valencia: Alfons el Magnànim.

Honour, H. 1982.*El Neoclasicismo*. Madrid: Xarait.

Huerta, S. 2009. Historia de la construcción: la fundación de una disciplina. En *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, *Valencia 21 - 24 de octubre de 2009*, S. Huerta, R. Marín, R. Soler, A. Zaragozá (eds.), Madrid: Instituto Juan de Herrera, p. xiii-xix.

Kostof, S. 1984. *El arquitecto: Historia de una profesión*. Madrid: Cátedra.

Kubler, G. 1957. *Arquitectura de los siglos XVII y XVIII* (*Ars Hispaniae, vol. XIV)*. Madrid: Plus-Ultra.

Laborda Yneva, J. 2011. *El proyecto de Arquitectura en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. Las pruebas de examen de los aspirantes vascos. 1776–1855*. Vitoria-Gasteiz: Servicio central de Publicaciones del Gobierno Vasco.

Muñoz Álvarez, J. 2009. *La modernidad de Cerdá: más allá del «Ensanche». Algunos apuntes de ingeniería y cultura*. Madrid: Fundación ESTEYCO.

Navascués, P. 1993. *Arquitectura Española 1808–1914*. Madrid: Espasa-Calpe.

Navascués, P. 1995. *El siglo XIX. Bajo el signo del Romanticismo*. Madrid: Silex.

Navascués, P. 2004. Prólogo. En *Aprendiendo a ser arquitectos. Creación y desarrollo de la Escuela de Arquitectura de Madrid. 1844–1914*. Madrid: CSIC.

Pérez Escolano, V. 1975. *Las nuevas Escuelas. Sevilla. En Ideología y enseñanza de la arquitectura en la España Contemporánea.* Madrid: Tucar Ediciones.

Pevsner, N. 1982. *Las Academias de Arte*. Madrid: Cátedra.

Prieto González, J.M. 2004.*Aprendiendo a ser arquitectos. Creación y desarrollo de la Escuela de Arquitectura de Madrid (1844–1914)*. Madrid: CSIC.

Quintana, A. 1983. *La Arquitectura y los arquitectos de la Real Academia de San Fernando (1744–1774)*. Madrid: Xarait.

Ramon, A. y C. Rodriguez. 1996. *Escola d´Arquitectura de Barcelona. Documentos y Archivo*. Barcelona:
Universidad Politécnica de Catalunya.

Rikwert, J. 1982. *Los primeros modernos. Los arquitectos del siglo XVIII*. Barcelona: Gustavo Gili.

Ruiz de Ael, M. J. 1993.*La Ilustración artística en el País Vasco. La Real Sociedad Bascongada de Amigos del País y las artes*. Vitoria-Gasteiz: Diputación Foral de Álava.

Sambricio, C. 1986. *La arquitectura española de la Ilustración*. Madrid: Coedición del Consejo Superior de Arquitectos de España y del Instituto de Estudios de Administración local.

Trillo de Leyva, J. L. 2010. De *memoria. Orígenes de la Escuela de Arquitectura de Sevilla*. Sevilla: Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla.

Materiales y técnicas empleados en la construcción de antiguas trampas para la caza de fieras en la Montaña Central de Asturias

David Ordóñez Castañón

Desde tiempo inmemorial, humanos y fieras han mantenido una encarnizada lucha por la supervivencia en el medio rural. Para defender sus ganados y cultivos, los lugareños edificaron siglos atrás un conjunto de trampas para exterminar, o al menos desterrar, aquellos animales considerados dañinos: zorros, osos y, principalmente, lobos.

El objeto del presente trabajo es analizar los materiales y las técnicas tradicionales empleados en dichas construcciones trampa en un área de estudio geográficamente acotada: la Montaña Central de Asturias, que abarca los municipios de Lena, Quirós, Riosa, Morcín, Mieres y Aller y una superficie de 683 km^2. La mayoría de estos elementos permanecen olvidados en los montes y en estado de ruina tras décadas o siglos en desuso. Se trata de un patrimonio histórico, etnográfico y arquitectónico muy desconocido, poco estudiado y desprotegido.

Previamente se ha realizado un exhaustivo trabajo de campo, que ha consistido en la búsqueda, documentación gráfica y caracterización (tipología, morfología, dimensiones, materialidad y construcción, estado de conservación,...) de dichos vestigios, habiéndose identificado más de una treintena de trampas en el referido territorio (N= 36).

En esta fase de prospección han resultado fundamentales los testimonios proporcionados por las personas mayores de los pueblos, pues también la memoria oral de estas antiguas prácticas está en riesgo de desaparición o totalmente perdida. Los datos obtenidos se han comparado a continuación con las descripciones dadas en los tratados históricos de caza y montería (ss. XVI–XIX), en las que se indica, con mayor o menor detalle y exactitud, la forma de construcción de dichas estructuras.

Distinguimos dos tipologías en el ámbito de estudio: el pozo simple (*puzu l.lobos*, en asturiano central) y el callejo (habitualmente denominado *caleyo*, *calecho* o *chuerco*, según el lugar), y que corresponden a las familias P (pozos) y V (trampas angulares), respectivamente, en la clasificación morfoestratégica de construcciones trampa propuesta por Torrente, Llaneza y Álvares (2014, 142–162).

A grandes rasgos, los pozos (P) consisten en hoyos excavados cuya boca se camuflaba con un falso piso de ramas rompedizas y hojarasca. Éstos se ubicaban normalmente en puntos estratégicos, lugares de paso habitual de fauna, para que los lobos detectasen rápidamente el cebo que en ellos se disponía (a menudo un cabrito o carroña). El animal se sentía atraído por el señuelo y trataba de atraparlo, pero al pisar el falso suelo éste basculaba o rompía, precipitándose el animal al foso, donde quedaba atrapado.

Los *caleyos* (V), a menudo emplazados en zonas de convergencia natural, cuentan con muros (mangas o alas) que se prolongan varios cientos de metros a lo largo y ancho del monte, confluyendo en el pozo de captura. Una multitud había de batir el monte para levantar la caza de sus encames y azuzarla, en medio de una gran algarabía, hacia el foso.

El pozo de captura

El pozo, hoyo o foso es una excavación realizada en el suelo revestida con muros de contención fabricados en piedra. En ambas familias tipológicas (P y V) la función del foso, una vez caída la fiera, era mantenerla atrapada en su interior hasta que los lugareños llegaban para rematarla.

Análisis morfológico

Distinguimos entre pozos excavados, pozos elevados (también llamados torreados) y semitorreados (a medio camino entre los anteriores).

Los hoyos excavados son aquellos construidos totalmente bajo la cota superficial del terreno. Pueden tratarse de pozos simples (familia P) o haber formado parte de trampas angulares (familia V).[1] Además, según algunos testimonios orales, es posible que un mismo pozo pudiese haber sido empleado como trampa activa y pasiva indistintamente, gracias al carácter temporal de ciertas empalizadas, como se explicará más adelante.

La forma que habían de tener los pozos, de acuerdo con los tratados cinegéticos, difiere según cada autor. Para Arellano (1745, 137) «los pozos para coger la caza mayor, que son como una nevera, anchos y profundos», habían de ser cuadrados. Sin embargo, la forma de los mismos no parecía ser determinante para Martínez de Espinar ([1644] 1761, 292): «Hácese el hoyo largo, o redondo, conforme se halla la comodidad en la tierra y parte donde se ha de hacer».

La forma geométrica de los pozos identificados, más que obedecer a determinados modelos preestablecidos, parece estar condicionada, como indica Espinar, por las características del lugar donde se excavan y quizás también por la destreza de sus constructores. En la mayor parte de los fosos inventariados, obviando las irregularidades producidas por la degradación o por imprecisiones de ejecución, la geometría de la planta tiende al círculo (Monte'l Blime, Fidiel.lo, Cuevas, etc.) o a la elipse (Praogrande, Bormayur, Los L.lamargones, etc.). Ocasionalmente, hallamos pozos de planta mixtilínea (Monte'l Puzu, Perabanes, El Caleyu, etc.) e incluso de planta cuadrada o rectangular (Calecho del Caborno), en estos casos asociados normalmente a trampas angulares.

La sección del foso depende de su forma volumétrica, que suele ser cilíndrica o incluso troncocónica, ya que a menudo las paredes se levantaban ligeramente desplomadas. Este premeditado voladizo, no mayor de 20 o 30 centímetros, impedía a todas luces la escalada del animal capturado. Dicho desplome está ampliamente recogido, tanto a través de los testimonios orales, como de la bibliografía histórica (Martínez de Espinar [1644] 1761, 292).

Los pozos elevados, (o torreados), y semielevados (o semitorreados), son aquellos que se encuentran construidos, total o en parte, respectivamente, sobre la rasante del terreno. Suelen formar parte de trampas angulares. Son raros en la zona de estudio (El Puzo Viiyo y el de Penoa son los únicos torreados, y el Puzo de La Vega'l Taío el único semitorreado). Fuera de la zona de estudio, tenemos ejemplos de pozos elevados en Somiedo y en Llanes.[2]

Análisis dimensional

Las dimensiones de los pozos identificados son variables, oscilando entre diámetros mínimos de apenas 3 metros y máximos ligeramente superiores a 6, aproximadamente. Lo habitual, sin embargo, es que sus medidas diametrales estén comprendidas entre los 4 y 5 metros (figura 1).[3] Por otra parte, el deterioro de muchas trampas y la acumulación de sedimentos en el fondo impiden conocer con exactitud su profundidad original. No obstante, podemos tomar como modelo algunos de los fosos bien conservados y concluir que estaba comprendida entre 3,5 y 4 metros de media.[4]

Dichas dimensiones arquetípicas se han conseguido a partir de la toma sistemática de datos *in situ*. Sin embargo, estas medidas rara vez coinciden con las recogidas en los tratados clásicos de caza, como puede comprobarse en la tabla 1.

Este cuadro pone de manifiesto la enorme disparidad, tanto formal como dimensional, de las descripciones según cada manual de caza (incluso tratándose del mismo tipo de estrategia de captura). Así pues, cabe preguntarse el motivo de tal discrepancia entre las fuentes cuando, aparentemente, se están refiriendo a estructuras semejantes. Los autores describen trampas observadas en viajes, copiadas de láminas y de otros libros (en ocasiones extranjeros), o incluso reproducidas a través de testimonios de terceros, por

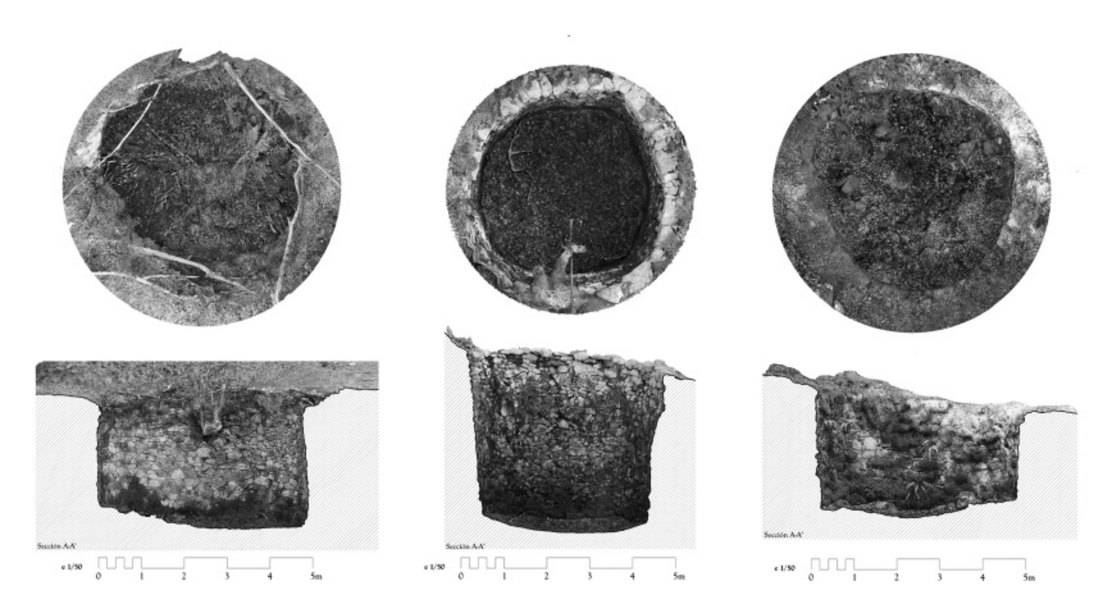


Figura 1
Planta y sección de los pozos de Los L.lamargones, Fidiel.lo y Monte'l Blime, cuya morfología y dimensión se asemeja al arquetipo de *puzu l.lobos* en la Montaña Central.

Tratado	**Estrategia**	**Forma**	**Diámetro en la embocadura**	**Diámetro en el fondo**	**Profundidad**
MARTÍNEZ DE ESPINAR. *Arte de ballestería y montería...* (1644)	Montería	*Largo o redondo*	*Algo más ancho que hondo* (> 5,84 m)	*Medio más ancho que por arriba* (≈ 6,81 m)	*Tres estados de hondo* (≈ 5,84 m)
ARELLANO. *El Cazador Instruido y Arte de cazar...* (1745)	Cebo en galería	*En cuadro*	*Quatro varas* (3,34 m)	-	*Tres varas y media de profundo y vara y media de alto* (2,92 +1,25 = 4,17 m)
Semanario de Agricultura y Artes dedicado a párrocos, nº152 (1799)	Cebo en galería	*Quadrada*	*Como tres varas de ancho* (2,51 m)	*Más ancho de abaxo que de arriba*	*3 y ½ a 4 varas* (2,93 m a 3,34 m)
Semanario de Agricultura y Artes dedicado a párrocos, nº153 (1799)	Cebo sobre poste central	-	*Dos y tercia varas* (1,95 m)	*Cuatro varas* (3,35 m)	*Cinco varas de hondo* (4,18 m)
Tesoro de cacería... (1858)	Cebo	*Cono* (adosado a ladera)	*Seis pies de ancho por arriba* (1,67 m)	*Ocho pies por abajo* (2,22 m)	*Tres varas de alto por lo menos* (2,93 m)
Pozos inventariados en la zona de estudio	**Cebo y montería**	**Circular o elíptica**	**Ømed ≈ 4,30 m**	En algún caso, algo superior	**Hmed ≈ 4,00 m**

Tabla 1
Comparación entre las dimensiones recogidas en los tratados de caza y los pozos inventariados.[5]

lo que quizás el tratadista no siempre conocía de primera mano las estructuras, pudiendo cometer inexactitudes.

Sea como fuere, las dimensiones y morfología de los pozos localizados en Asturias no parecen obedecer a lo establecido en los textos cultos, sino al criterio de los constructores y cazadores, en base a su propia experiencia y, tal vez, a la comparación con otras trampas construidas en pueblos vecinos que tomaban de referencia, optimizando progresi-

vamente la eficacia de estas construcciones. Tampoco puede excluirse la posibilidad de que un mismo cantero haya edificado más de un pozo en la zona de estudio.

Análisis constructivo: ejecución y materialidad

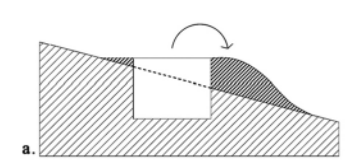
La construcción del pozo, especialmente si se hacía totalmente excavado, requería de un importante movimiento de tierras (figura 2). Esta operación sería más compleja de lo que inicialmente podría parecer, teniendo en cuenta que a partir de determinada profundidad la excavación podría precisar de entibaciones.[6] Una de las características más inconfundibles de los pozos excavados es la existencia de un prominente talud adyacente al hoyo, resultado de acumular el volumen de tierra sobrante. Así, se conseguía enrasar la boca del pozo con el entorno inmediato al mismo tiempo que se evitaba transportar el material excedente.

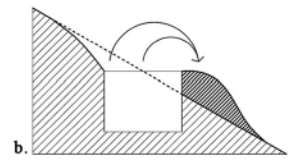
En todas las estructuras identificadas, el muro que conforma el pozo se ejecutó siguiendo la técnica de mampostería en seco (a hueso), es decir, sin emplear ningún tipo de argamasa entre las piedras. En los pozos excavados el muro de contención se compone de una hoja de mampostería separada del terreno por un relleno heterogéneo, con un espesor total de unos 50 centímetros. En los pozos torreados, la parte de muro construida sobre el suelo se compone de dos hojas de mampostería (interior y exterior) y un relleno entre ambas, resultando un espesor total de al menos 80 centímetros.

Para ambas tipologías se observan varias características comunes. En lo que atañe a la ejecución del muro, cabe señalar la disposición de hiladas horizontales de regularización cada cierta altura para dar mayor estabilidad a la pared. Además, al emplearse todo tipo de piedras en su construcción (muy irregulares: sin tallar y apenas seleccionadas), se colocan primero los bloques de mayor tamaño colmatando con ripios los intersticios. A pesar de lo rudimentario de estas construcciones, la cara interior del muro debía ofrecer una superficie bastante lisa para que el lobo no encontrase resquicios en los que apoyarse para trepar.

Como ya se dijo, algunos pozos se construyeron con las paredes ligeramente desplomadas para dificultar la escapada del lobo atrapado; misión que también cumplían las llamadas *l.lábanas* o *cubiertas* (en otros sitios de Asturias, *bardas*): aquellas lajas que se disponían rematando los muros, también en ligero voladizo. Éstas, a modo de alféizar, también protegían el muro de las inclemencias.

Los pozos loberos, al igual que tantas otras construcciones tradicionales, se fabricaron con los materiales disponibles en su entorno más inmediato. A menudo, las trampas se ubicaban en lugares rocosos, que ofrecían abundante piedra de buena calidad. Pueden mencionarse, a modo de ejemplo, los grandes bloques cuarcíticos empleados en el Puzo de La Vega`l Taío y el Puzo Viiyo, o las grandes calizas colocadas en el pozo del Monte'l Blime. También son de caliza los fosos de Fidel.lo, Pena la Portiel.la, Val. lina'l Turnu o Los L.lamargones, si bien en estos casos lo más destacable no es la calidad del material sino la destreza del cantero, cuya pericia influye decisivamente en la buena factura del muro. En otras zonas, donde escasea la piedra o es de mala calidad, resultan construcciones más rudimentarias e inestables, como sucede con las pizarras del pozo de La Carba la Balsa, o los irregulares mampuestos del pozo de Bormayur o Los Molares. Incluso en algunas trampas (La Balsa o Brañavalera) se aprovecha alguna cavidad natural del terreno para evitar, o limitar, la construcción de muros.





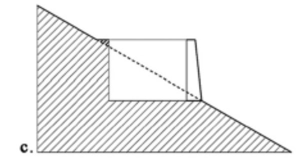


Figura 2
Esquema del movimiento de tierras en tres casos: a) pozos excavados en laderas de pendiente suave; b) pozos excavados en laderas de pendiente fuerte; c) pozos torreados.

El falso suelo

Para las dos familias tipológicas estudiadas, P y V, la boca del pozo debía pasar inadvertida a ojos del lobo, por lo que se ocultaba mediante un quebradizo enramado: «lo demás del hueco del hoyo se tapa por encima con ramas muy delgadas, de modo, que en dando el animal con ellas, se hunda a baxo» (Martínez de Espinar [1644] 1761, 293). Sin embargo, a juzgar por los testimonios orales recogidos y por la bibliografía histórica consultada, su construcción difería según el tipo de trampa:

En caleyos

En los pozos de los callejos, el falso suelo había de cumplir con la única misión de ocultar el hoyo, hundiéndose cuando el lobo llegaba a él.

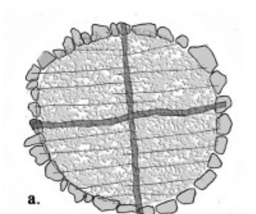
Uno de los sistemas más básicos, y quizás más habituales, fuese el enramado con varales en disposición cruzada (figura 3a). Consistía en colocar dos troncos en forma de cruz, quedando dividida la boca del pozo en cuatro cuadrantes. Cada uno de ellos era rellenado con ramas mucho más delgadas y endebles. Sobre este frágil entramado se esparcía una capa de hojarasca para disimularlo. De esta manera se armaba el pozo del Monte'l Blime (Lena), según testimonio de Pachu *el de Riospaso*,[7] aprovechando para ello los abundantes troncos de haya y ramas caídas que se encontraban en derredor. Esta descripción coincide con la de Juan Manuel de Arellano (1745, 137–138), según la cual: «ponen dos maderas cruzadas, una sobre otra, en forma de cruz; dan unos barrenos a las maderas, y por ellas meten unas ramas, con hojas, que encubren mucha vista del pozo».

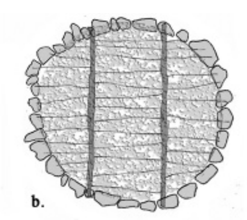
La disposición de varales paralelos tendidos sobre el diámetro menor, a modo de viguetas, sería también habitual (figura 3b). Sobre ellos se montaban otras ramas más finas y rompedizas. Este sistema es el que recuerda Manolo el de Espineo,[8] escuchado de boca de su abuelo. Añade el informante que el enramado se cubría con una fina capa de hojas y algo de tierra.

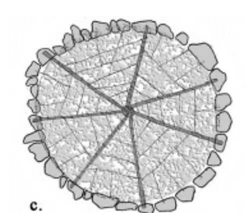
Otra posibilidad era colocar varales en disposición radial, apoyados en un poste vertical situado en el centro del hoyo, como también veremos para los pozos de cebo (figura 3c). No obstante, algunos testimonios escuchados reflejan que en muchas ocasiones la disposición de los maderos que soportaban el falso suelo no respondía claramente a un orden premeditado, sino que se colocaban de forma un tanto improvisada, aprovechando para ello la madera disponible en las inmediaciones de la trampa (figura 3d).

En trampas de cebo

En las trampas de familia tipológica P el lobo es atraído mediante un cebo, vivo o muerto. Podía ser carroña, que se arrojaba al fondo o se dejaba sobre el falso suelo, en cuyo caso la construcción del mismo atendía a alguna de las disposiciones anteriormente descritas: «...[el pozo] se cubre bien por encima con ramas delgadas y hojas secas,... de manera, que cuando llegue a la trampa algún lobo atraído por el olor del cebo que se le pone, ceda a su peso y caiga dentro: sin embargo, ha de tener la solidez necesaria para sostener la nieve que pueda caer encima, lo que acabaría de ocultarla a los ojos de los lobos. Estos se atraen también arrastrando por las inmediaciones,... algún animal muerto» (*Tesoro de cacería* 1858, 95).







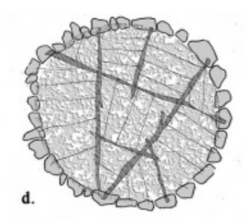


Figura 3
Hipótesis de disposición del falso suelo en pozos de callejos: a) enramado con varales en cruz, b) enramado con varales paralelos, c) enramado con varales radiales, d) enramado desordenado.

Sin embargo, cuando se colocaba un cebo vivo (un cabrito, normalmente), el suelo no sólo debía ocultar el hoyo, sino que también había de servir de soporte al cebo, de tal modo que éste resultase indemne al ataque del lobo. En varios pueblos del área de estudio permanece en la memoria colectiva de algunos mayores el recuerdo del *cebatu* basculante (figura 4a). En el eje menor se disponía un varal tendido horizontalmente, que hacía de bisagra. En él se entrelazaba un entramado de varas (de *cebatu* propiamente dicho), sobre el que se esparcía la hojarasca. El cabrito se ataba firmemente con cuerdas en el centro de la viga, de tal modo que cuando la fiera se adentraba sobre el enramado para dar caza al reclamo, el suelo daba un vuelco (como si de un balancín se tratase), cayendo el lobo abajo y quedando el cabrito sano y salvo. Este testimonio, con sus variantes, lo escuchamos a varios informantes, entre ellos Cándido *el de La Caleya* –Zurea, Lena– , para el pozo de Fidiel.lo.[9]

No obstante, el autor mantiene ciertas dudas sobre la eficacia de este mecanismo giratorio. Debe considerarse la dificultad de montaje y puesta a punto de un sistema que parece requerir de gran precisión, especialmente si se tiene en cuenta lo rudimentario de las herramientas y materiales disponibles: había de conseguirse el equilibrio perfecto del artefacto, con la sensibilidad exacta para entornarse con el peso del lobo (ni demasiado holgado como para desestabilizarse antes de tiempo ni demasiado rígido como para quedarse atascado) y para ajustar perfectamente el suelo basculante a la boca del pozo cuando, como hemos visto, en ningún caso conocido presenta una figura circular o elíptica perfecta.

Otro sistema, similar al mencionado anteriormente para los callejos, consiste en disponer el cebo sobre un poste central, sobre el que se apoyan también las viguetas, colocadas radialmente (figura 4b). El *Semanario de Agricultura y Artes dedicado a los párrocos* (1799, nº 152: 362–364) lo describe con gran exactitud: «En el centro del pozo se clava y afianza bien una vigueta que suba hasta el nivel del terreno: en su extremidad superior se dexa un plato... y se coloca, asegurándolo bien, un pato, perro o ganso[10]: en el grueso de este asiento del ganso se hacen agujeritos todo alrededor en los que se meten las puntas de unas varitas secas, delgadas y quebradizas, cuya otra extremidad se apoya en los bordes de la boca del pozo,...».

Según algún testimonio oral, algo impreciso en nuestra área de estudio pero confirmado en otros lugares, el cebo (vivo o muerto) podía colgarse de un poste o de algún árbol próximo, versión que resulta perfectamente verosímil al tratarse habitualmente de lugares boscosos (figura 4c). En este caso, la disposición del falso suelo podría ser cualquiera de las vistas en el apartado previo.

La bibliografía histórica describe con gran precisión la forma de armar hoyos lobares con casamata, una especie de galería de madera perimetral al pozo en la que se encerraba el cebo. Estas detalladas descripciones son de gran interés constructivo, especialmente la de Juan Manuel Arellano (1745, 145–147) y la del *Semanario de Agricultura y Arte*s (1799, nº 152: 351–352). El sistema más parecido que encontramos en la zona de estudio, es el del pozo del Col.léu las Estrel.las (Aller) en el cual, según la tradición

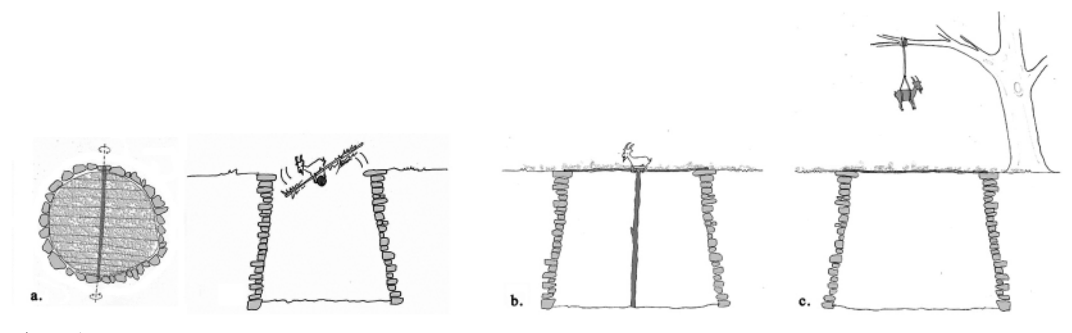


Figura 4
Hipótesis de disposición de falsos suelos en trampas de cebo: a) enramado sobre mecanismo basculante (planta y sección), b) cebo sobre poste central y viguetas radiales, c) cebo colgado y enramado de varias configuraciones.

oral, existía un corral de *palancas* (tablas verticales) para que el lobo pudiese detectar, aunque sin ver, la oveja que se dejaba dentro.[11]

Las alas (paredes) de los *caleyos*

En los callejos (familia V), los lobos eran dirigidos en el tramo final de la montería por entre sendas paredes que convergían en el hoyo, llamadas *alas* o *mangas*. Tendrían la altura necesaria para impedir que el lobo las saltase, y su extensión, aunque variable, sería de varios cientos metros de longitud.[12]

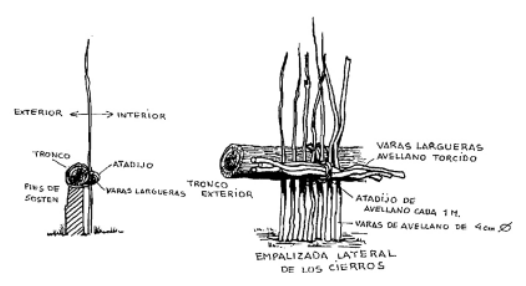


Figura 6
Boceto de las antiguas *palizadas* del Chorco de Corona (Valverde y Teruelo 2001, 437)

Paredes de *sebe (cebatu)*

Muchos *caleyos* se cerraban mediante *sebe de cebatu,* es decir, setos formados por varas horizontales (de 3 a 5 centímetros de diámetro), generalmente de avellano, entretejidas a estacas más gruesas hincadas verticalmente en el suelo. Algunas de ellas podrían estar apeadas por puntales, para resistir mejor el empuje del viento y el peso de la nieve (figuras 5 y 6).

Las paredes de *cebatu* debían ser frágiles y poco duraderas sin un mantenimiento permanente. Por eso, al abandonarse las trampas, desaparecieron progresivamente debido a la naturaleza degradable de su materialidad y hoy en día no se conservan *caleyos* con alas de sebe.[13] A pesar de ello, este tipo de cierre hubo de ser muy habitual, y quizás el más primitivo, pues se documenta en abundantes dibujos y textos desde la Edad Media. Entre otros, en el *Libro de la Montería* (Argote de Molina, 1582)[14] se representa un callejo en forma de cruz con mangas de *cebatu*, muy semejante a las que aparecen en varias ilustraciones del francés *Livre de Chasse* de Gastón Phébus (1387–1389) (figura 7).

Estos y otros tratados clásicos de caza explican, con mayor o menor detalle, las características y usos de dichas trampas. Martínez de Espinar ([1644] 1761, cap. XXXVII) es muy exhaustivo en la des-



Figura 5
Fotografía de las primitivas sebes del chorco de Corona, Valdeón (Fototeca de Asturias, Museo del Pueblu d’Asturies, Gijón)



Figura 7
Ilustración del Livre de Chasse (Gastón Phébus 1387–1389, f.105v, Biblioteca Nacional de Francia).

cripción morfológica de los *hoyos de buytron*, pero muy sucinto en lo que se refiere a la materialidad de las alas: «se hacen desde el hoyo dos paredes de rama, de altura que no pueda saltarlas la caza... de manera que no hagan tope, ni rincón,...». Argote de Molina (1582, cap. XXXI), es algo más preciso: «los pueblos comarcanos del lugar donde se a de Montear, se juntan y hazen dos alas de setos, que son paredes formadas en estacas altas, hincadas en tierra, entretexidas en ellas rama larga, los quales setos vienen a ocupar el ancho del monte, acabandose en punta piramidal, en el fin de la qual hazen una gran hoya, y cubrenla de enramada».

La tradición oral recogida en los pueblos de Lena confirma el empleo de sebes de *cebatu* en las trampas. Por ejemplo, en el Monte'l Caleyu se levantaba un cierre que «se hacía de varales, sebe y alambrera» que conducía al pozo existente al pie de La Pena la Portiel.la.[15] Estos cercados, según algunos testimonios, podían ser estacionarios, armándose en temporada de monterías y desmontándose después.[16]

Paredes de troncos

Las empalizadas de troncos constituyen un sistema de cierre más sólido y perdurable que el anterior, siendo ya de carácter permanente. Consistían en una estacada de rollizos colocados verticalmente: «ponen unas maderas de diez y ocho pies de largas, hincadas a los dos lados, en forma de carrera o calle, que empiezan muy estrechas de el mismo pozo, prosiguiendo su estrechura largo...» (Arellano 1745, 138). Quizás la altura señalada sea excesiva (18 pies equivalen a 5 metros), pues según estiman varios pastores consultados, un lobo difícilmente superaría una estacada de más de 2,5 metros.

Este sistema de cierre debió ser también habitual en el centro de Asturias. Prueba de ello es el acuerdo de reparación del *caleyo* de Riosa (en el lugar conocido como Los Caleyinos), fechado en 1629. Entre sus cláusulas se estipulan algunas condiciones sobre la construcción de la empalizada: «se a de hazer de caveza de Roble bueno serrado y de alto conforme estan las quallezas biejas y muy juntas que no quepa cosa de por medio y an de ser de grueso un cote...» (Montero 1996, 201–202).[17] Como vemos, se incide en tres aspectos: la calidad de la madera (de roble, y en concreto la parte baja del árbol, por su resistencia y durabilidad a la intemperie), el grueso de los troncos (un cote equivale aproximadamente a 14 o 15 centímetros), y la proximidad de los mismos (obviamente para que el lobo no pudiera escapar por ningún hueco). No obstante, no se han identificado vestigios arqueológicos de la estacada (figura 8).



Figura 8
Empalizada de troncos en el chorco de Coronas. Si bien se trata de una interpretación que difiere de la primitiva, se asemeja las descripciones dadas para la empalizada del *caleyo* de Riosa.

Paredes de piedra

Los callejos con paredes de mampostería son estructuras más duraderas que las precedentes, aunque requerían de mayores esfuerzos para su construcción. Sin duda, se trataba de grandes obras para las pequeñas aldeas donde se erigían. Se fabricaban de mampostería seca, y su altura alcanzaría los 3 metros aproximadamente. En la coronación se disponían frecuentemente lajas en saledizo.

Este tipo de callejos son frecuentes en Galicia, norte de Portugal, Cantabria y Burgos y raros en Asturias: el Caón de Ladines (Sobrescobio) (figura 9), la lobera de Llamigo (Llanes) o el Caleicho del Caborno (el único hallado en la zona de estudio, en Quirós).[18]

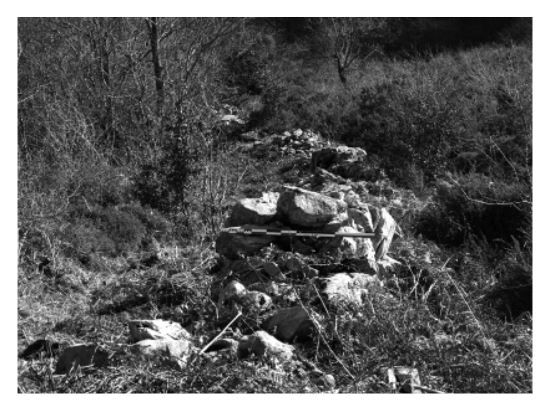


Figura 9
Restos de la pared de mampostería del Caón de Ladines (foto JP Torrente).

Paredes de red

Por último, Valverde y Teruelo (2001, 440–441) demuestran el empleo mixto de piedra y redes (tensadas entre pilastras y arriostradas por un zócalo de mampostería) para formar las paredes de un callejo, si bien en el territorio estudiado no se ha constatado este sistema. Como es obvio, por el carácter efímero del tejido no habría llegado hasta nosotros ningún vestigio.

No obstante, el empleo de redes como material para confeccionar trampas es ampliamente recogido en diversos tratados venatorios (monterías de *tela cerrada*). Sin duda, se celebraban tanto en Galicia (Pérez López 2010, 259–261) como en algunas partes de Asturias, tal y como documenta J. P. Torrente (1999, 134), aunque de forma aislada en Grandas de Salime. Este caso asturiano podría no ser tan inusual, pues según Xulio Concepción (2007, voz *Redes*) el topónimo del conocido Monte Redes (Caso), El Redal (Carreño), La Collada Reces (Ponga), entre otros, podrían tener origen en dichas actividades cinegéticas.

Conclusiones

En las páginas precedentes se ha tratado de describir y analizar la construcción tradicional de antiguas trampas de caza en las montañas del centro de Asturias. Son vestigios abandonados, testigos mudos de prácticas y costumbres ya olvidadas. Sus materiales y técnicas nos remiten a momentos constructivos ancestrales.

Su interés constructivo radica precisamente en la aplicación de soluciones sencillas, rudimentarias e ingeniosas a la vez. Los lugareños, habían de emplear los materiales que la naturaleza proporcionaba en las inmediaciones: hojas, ramas, troncos, piedras,... y, sin más recursos que sus propias manos, dar solución a una necesidad acuciante, como era la protección de los ganados y personas. En definitiva, la construcción con la mayor economía de medios humanos y materiales posible para conseguir el objetivo: capturar al lobo.

Notas

1. Al no conservarse vestigios de las paredes de sebe o de troncos (materiales degradables), muchos hoyos que formaron parte de *caleyos* (familia V) pueden ser erróneamente identificados con pozos simples (familia P), circunstancia que hay que tener en consideración especialmente durante el trabajo de campo.
2. Juan Pablo Torrente, comunicación personal.
3. El arquetipo de pozo lobal en la zona analizada tiene un diámetro de 4,31 metros (dimensión media calculada a partir de la treintena de pozos identificados).
4. A modo de ejemplo, éstas son algunas de las profundidades medidas en los pozos mejor conservados: Fidiel.lo, 4,05m; Los Caleyinos, 3,80m; La Val.lina'l Turnu y Los Molares, 3,50m; Los L.lamargones, 3,20m.
5. Tomamos las siguientes equivalencias: 1 vara = 0,836 metros; 1 pie = 0,278 metros; 1 estado = 7 pies = 1,946 metros.
6. La técnica de excavación dependería de la estabilidad y naturaleza del terreno, diferente en cada caso. Cabe pensar que los constructores tratarían de hacer pozos sin necesidad de contención, cavando en el suelo y construyendo los muros después, interponiendo un relleno entre el terreno y la pared de mampostería. Sin embargo, posiblemente en muchos casos precisaban de algún sistema de entibación, o bien cavaban hoyos de mayor amplitud que eran rellenados tras construir el muro.
7. Conversación con el autor, 22 de junio de 2016, referida a un pozo que consideramos parte de un callejo o trampa angular.
8. Conversación con el autor, 26 de junio de 2016
9. Conversación con el autor, 28 de abril de 2015.
10. En la zona estudiada debería pensarse más bien en un cordero o cabrito.
11. Según testimonio de Cele, vecino de L.lamas (Ayer), en conversación con Santos Nicolás Aparicio, 17 de mayo de 2017.

12. El callejo más largo de la península Ibérica está en Viana do Castelo, Portugal, y mide 1125 m.
13. Como se dijo anteriormente, la ausencia de restos de la empalizada puede llevar a confundir pozos simples con pozos de *caleyos*.
14. La versión ilustrada más extendida sea la de Argote de Molina (1582), edición que ilustra y completa el original, encargado por Alfonso XI en el siglo XIV.
15. Testimonio de Manolo el de Espineo, en conversación con el autor, 26 de junio de 2016
16. A pesar de la menor durabilidad, las paredes de sebe ofrecían la ventaja de su versatilidad, gracias al carácter desmontable de las palizadas. De este modo, un mismo foso podía ser empleado, bien de forma autónoma, como pozo de cebo, o bien integrado en un *caleyo*.
17. Acuerdo entre los vecinos de Villameri y Riosa para la reparación del Caleyo de Riosa, ante Fernando Álvarez Vázquez (7–X–1629), Archivo Histórico Provincial de Asturias, Protocolos Notariales (distrito de Lena), caja 10325, transcrito por Alberto Montero Prieto (1996, 201–202).
18. Su mal estado de conservación impide llevar a cabo un análisis más concienzudo.

Lista de referencias

Argote de Molina, Gonzalo. 1582. *Libro de la montería que mandó escrevir el muy alto y muy poderoso Rey Don Alonso de Castilla, y de Leon, ultimo deste nombre.* Sevilla: Andrea Pescioni.

Arellano, Juan Manuel de. 1745. *El Cazador Instruido y Arte de cazar con escopeta y perros, a pie y a cavallo: que contiene todas las reglas conducentes al perfecto conocimiento de este exercicio.* Madrid: Josef González.

Concepción Suárez, Julio. 2007. *Diccionario etimológico de toponimia asturiana.* Oviedo: KRK Ediciones.

«Del lobo y su caza». *Semanario de Agricultura y Artes dedicado a los párrocos* 6. 1799. (152): 338–352; (153): 355–366; (154): 372–378.

Domínguez Boza, Moisés. 2002. *El trampeo y demás artes de caza tradicionales en la península ibérica.* Barcelona: Editorial Hispano Europea.

Phèbus, Gastón (Gastón III, Conde de Foix). 1387–1389. *Livre de chasse.* París: Taller de Bedford (ilustraciones, 1408–1410).

Martínez de Espinar, Alonso. 1761. *Arte de ballestería y montería escrita con methodo para escusar la fatiga que ocasione la ignorancia.* Madrid: Antonio Marín.

Montero Prieto, Alberto. 1996. *El valle de Cuna a través de los tiempos.* Mieres: A. Montero Prieto.

Pérez López, David. 2010. *Os foxos do lobo: a caza do lobo na cultura popular.* A Coruña: Editorial Canela.

Tesoro de cacería: o Arte de buscar, perseguir y matar la caza mayor: reglas y curiosidades para el perfecto conocimiento de este ejercicio. 1858. Madrid: Imprenta de Ramón Campuzano.

Torrente, Juan Pablo. 1999. *Osos y otras fieras en el pasado de Asturias, 1700–1860.* Proaza: Fundación Oso de Asturias.

Torrente, Juan Pablo; L. Llaneza y F. Álvares. 2014. «Pièges historiques contre les loups et autres animaux sauvages dans la pèninsule Ibérique». En *Vivre avec le loup? Trois mille ans de conflit*, de Jean-Marc Moriceau, 142–162. París: Éditions Tallandier.

Valverde Gómez, José Antonio y Salvador Teruelo Vizcaíno. 2001. *Los lobos de Morla.* Sevilla: Al Ándalus Ediciones.

El faro del dique de levante en el puerto de Tarragona

Elena de Ortueta Hilberath

El 15 de mayo de 1923 se inauguraba el nuevo faro ubicado en el morro del dique de levante. Su construcción significó la culminación de las obras de ampliación del muelle, y es por ello que el largo proceso de conservación de los primeros cuatro tramos unido al retraso de las obras de ampliación del último –muro espaldón, rompeolas, morro- obligó a redefinir y a modificar el diseño del mismo. Hoy en día, el faro se encuentra en el muelle de Aragón y su luz se apagó de forma oficial en 1990.[1] A pesar de esto, en 1999 se restauró de forma integral. El edificio recuperó casi su forma primitiva –no se reconstruyó la primera planta-. Incluso se encendió de nuevo pero se invalidó mediante una cortina la luz por la parte del mar, para evitar confundir a los navegantes. Por lo tanto, hoy en día se encuentra descontextualizado al haber perdido su función y, asimismo, escondido entre las naves industriales (Santos, 2003, 123).[2]

Entre la conservación y la ampliación del dique de levante

La construcción de una obra tan significativa como un puerto iba pareja a la actualización de sus diseños, de sus métodos constructivos, y también de sus arquitecturas auxiliares, para lograr una mayor eficiencia de las instalaciones acordes con las nuevas necesidades técnicas o comerciales. Por lo tanto, la transformación de un dique comportaba la modernización de otras zonas del puerto que estaban en construcción. Así hablar del dique de levante nos obliga a considerar las obras que se estaban ejecutando en la misma época para comprender su trazado, y el ritmo de su ejecución. Uno de los mayores logros de un puerto consistió en el buen abrigo del mismo ante los temporales como también en la facilitad de acceso de los buques y barcos gracias a un fondeo generoso.

Un punto especialmente conflictivo fue el contramuelle o el dique del oeste. Dicho dique estaba ubicado justo a un lado de la desembocadura del río Francolí. En julio de 1868 se ratificó la propuesta de José Álvarez del entonces «espigón del Francolí»; inaugurado en septiembre de 1871. Obviamente, las obras no estaban concluidas en su totalidad. Un mes después, Amado de Lázaro presentó el proyecto de terminación del puerto. Entre otras cosas reformulaba el diseño de los diques; en particular el del oeste para el cual proponía la desviación del río Francolí para evitar las consecuencias de las posibles riadas. A pesar de ello, en septiembre de 1874 durante las fiestas de santa Tecla, la intensa lluvia, unida a la fuerza de la crecida del río causaron una brecha en el dique del oeste. Un mes después, se aprobaba según las trazas del ingeniero Antonio Herrera el dique transversal, el cual arrancaba del dique del oeste y terminaba «en punto conveniente» para dejar «la boca de entrada necesaria» con el dique de levante y, permitir resguardar el puerto de los vientos del sur al oeste. Mientras duraron las obras del mismo, es decir hasta junio de 1881, se paralizaron las del dique del oeste. Fueron retomadas, al poco tiempo, por Saturnino Be-



Figura 1
Derribo del edificio del faro y no de la torre. Muelle de Aragón (APT- M Caro, 27.3.1997, reg. 5233)

llido, quien finalmente optó por alterar la desembocadura del río. Pero, una vez más, el ritmo de la construcción fue más bien desigual (JOPT[3], 1883, 12–15, 26). En 1903, únicamente se había realizado la primera alineación del mismo, y todavía, en esas fechas, se debatía sobre la mejor solución a tomar para evitar que se depositaran los sedimentos procedentes tanto del río como de las mareas. En 1901, Fausto Elío impugnó el proyecto de Bellido al considerarlo más perjudicial que beneficioso. La idea de Elío tampoco fructificó (Maese, 1903, s/p).

No obstante, la protección del puerto dependía en gran medida de dique de levante, el cual se veía sometido a la fuerza del oleaje causada por los temporales del este que eran los más frecuentes. Aunque los más perjudiciales eran los procedentes del sureste y el suroeste. En 1903, Manuel Maese constató que a consecuencia de estos últimos «viene el agua directamente del largo agolpándose contra la cara exterior de la última alineación del dique de levante y contra la del dique transversal» (Maese, 1905, 329). Durante décadas en la partida de obras de mantenimiento del puerto se contemplaba la mejora del espigón, del pretil y del firme del dique de levante; esta circunstancia motivó un significativo retraso en la ampliación y por ende en la conclusión del mismo.

La problemática en torno a la conservación del dique de levante favoreció la redacción tanto de diseños para mitigar los daños por los embates de las olas como también la búsqueda de una solución constructiva idónea, que aminorara los efectos de la degradación de la piedra escollera. Los temporales de octubre de 1882, de enero y diciembre de 1883 dieron como resultado dos estudios técnicos de Saturnino Bellido. El primero formulado en enero de 1884 era muy ambicioso, ya que proponía tanto la reparación como la terminación del dique. El segundo, firmado en abril de 1884, contemplaba sobre todo el refuerzo del talud; tal y como le recomendó la junta consultiva. Bellido presentó un proyecto de conservación, en el cual sugirió la política a seguir durante los próximos años: «creemos de más urgente necesidad terminar y conservar lo que ya se posee que construir obras nuevas» (Bellido, 1885, s/p). Finalmente, en 1915 Luis de Briones presentó la liquidación por las obras de conclusión de la ampliación del dique de levante con su morro; recordemos que ya en 1869 se había inaugurado las primeras cuatro alineaciones del mismo (PT[4], 1931, s/p).

La construcción mediante escollera ofrecía grandes ventajas en Tarragona al contar el puerto con una cantera a escasa distancia, justo a la altura de la calle de Pons Icart. Pero también algunas desventajas como: la irregularidad de las piedras obtenidas mediante voladuras, unido a su transporte, y a una disposición poco regular por carecer de una grúa de suficiente potencia –flotante o terrestre-. Éstas dieron lugar a ciertas patologías en la fábrica y, a su vez, este método constructivo necesitaba del tiempo y del oleaje para el asentamiento definitivo de la roca. Algunos de los inconvenientes de la piedra natural fueron: la irregularidad de la anchura del mismo, los socavones, las posibles rupturas, la degradación del pretil y el desprendimiento de la roca. Estas circunstancias motivaron la redacción de varias propuestas de fabricación de piedra artificial de mampostería *sur place* o fabricada en el taller junto a la cantera. Bloques que se elaboraron con diferentes dimensiones, cubicaciones y formas.

El diseño de Bellido se aprobó en 1885 a modo de banco de pruebas; es decir contaba con un presupuesto limitado. Se instaló un taller de bloques artificiales y se combinó la construcción de los mismos con el zampeado de hormigón hidráulico sobre el fondo de roca del puerto. A pesar de todos los esfuerzos, la piedra artificial, al igual que ocurría con la escollera, se vio sometida a múltiples arrastres; cosa que impedía asegurar el macizado del dique, e incluso de la navegación en la zona cercana al mismo. Luis Corsini continuó con el proyecto ratificado en 1885 y en 1891 optó nuevamente por la escollera. Él mismo recalcó «las pie-

dras que hemos colocado son de mayor tamaño que daba de sí la cantera y permitía la potencia de las grúas, se han utilizado en el repié del talud las grandes que ya había en la escollera y que se han situado de modo que sirvan de apoyo y trabazón á las de menor dimensión. Se ha tenido especial esmero en que toda la escollera quede perfectamente relacionada entre sí» (JOPT, 1890, 17). No fue el único. A raíz del temporal de enero de 1898 Elío reparó, nuevamente, el dique con escollera «vertida de los vagones»; es decir, se continuó con la práctica habitual de recrecimiento y arreglo de la escollera. Pero, ¿por qué los bloques de hormigón en vez de solucionar el problema lo agravaban? Según Elío los mismos no resolvían el principal defecto constructivo: el talud insuficiente. Debemos destacar que el mayor logro del ingeniero fue la incorporación de un nuevo método auxiliar para el mantenimiento y construcción del dique: el titán modelo Sunderland[5]. El sistema de grúas de vapor compradas en época de Bellido eran de potencia insuficiente y resultaban poco precisas (Elío, 1898, s/p).

El titán de cuarenta toneladas significó un avance técnico importante, ya que permitió la colocación de los bloques de piedra artificial -hormigón con piedra de mampostería- y natural -paramento- en el «sitio más oportuno». Tenía una doble función: por un lado la conservación de la escollera y, por el otro la disposición de la piedra artificial. Cabe destacar que la imposibilidad de transportar los bloques de hormigón obligó a disponer de un taller de fabricación en la zona alta del dique. La escollera de relleno, en cambio, se continuó depositando mediante los vagones volquetes, los cuales eran los empleados hasta entonces en la construcción y en la reparación del dique. La introducción de nuevos medios auxiliares según Maese significó el empuje definitivo para las obras del dique, ya que «hasta ahora se ha hecho en condiciones muy malas por falta de medios auxiliares» y añadió que gracias al titán «si llegaba el caso para la proyectada prolongación de dicho dique» (Maese, 1902, s/p). Una vez más, se retrasaron las obras para la construcción del titán, debido quizás a la lentitud de la entrega del pedido de acero y hierro laminado por la empresa Duro y Felguera; tardó más de un año. Tampoco el puerto contaba con mano de obra especializada que hubiese acelerado el ritmo de construcción. En este

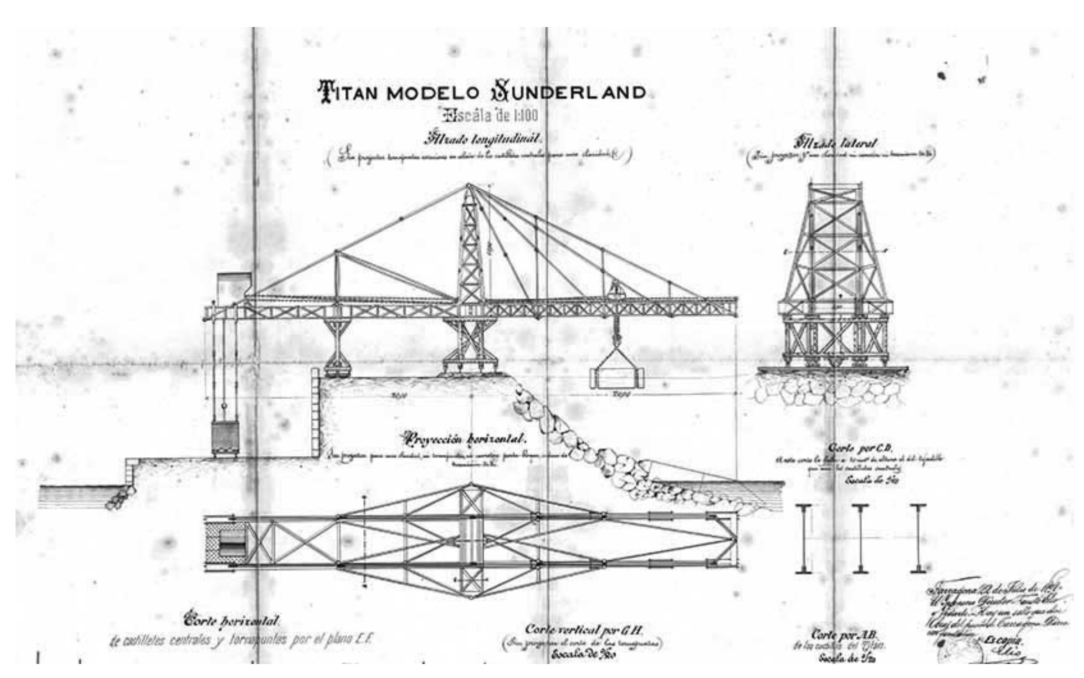


Figura 2
Titán modelo Sunderland (APT-Elío 1898)

contexto, Maese en 1902 presentó el proyecto reformado de reparación del dique y el diseño del titán inspirado en el modelo de Elío. Finalmente, la imponente grúa se construyó a partir de la reutilización de varias piezas, y la reelaboración de algunas a partir del hierro inservible. A pesar de ello, el titán de Maese resultó más caro que el presupuestado por Elío[6].

La eliminación de las «averías» del dique de levante permitió por fin iniciar las obras de ampliación del mismo. En 1903, Maese dibujó el proyecto de nuevos diques, el cual actualizó la propuesta de Elío; este último delineó un nuevo dique llamado sur, que se ubicó entre el de levante y el oeste. Maese desestimó su construcción al perjudicar la entrada de los buques y, en cambio, delineó «el dique del oeste una recta paralela a la propuesta prolongación del dique de levante». Una vez más, encontramos la íntima relación entre el diseño del dique del oeste y el de levante. El debate en torno a los sistemas constructivos –escollera, mixto y concertado- y el diseño de talud –inclinación y tamaño- fueron los aspectos a considerar en las obras de ampliación[7]. Maese continuaba siendo partidario de la escollera a pesar de encontrarse agotadas las canteras de la Pedrera y del Milagro. Es por ello que buscó nuevos yacimientos, algo más alejados de la población, como el de Casa Blanca, del Fuerte de la Reina, de Santa Tecla, o incluso en otro municipio como la cantera de Salou[8]. No obstante, el ingeniero del puerto dejó en manos del contratista la extracción de la piedra en el lugar que le resultase más conveniente; años más tarde, en época de Briones, se empleaba la procedente de Casa Blanca (Maese, 1903, s/p).

En 1910 Briones ya actuaba en la zona del rompeolas del dique de levante. Durante la ejecución de las obras observó la necesidad de variar el proyecto de terminación diseñado por Maese. Su propuesta iba encaminada a aumentar las condiciones de solidez y a evitar las temidas «averías». No sólo varió el estudio del espaldón y eliminó parte del pretil sino que también rediseño la parte superior del dique, la cual no ofrecía resistencia suficiente debido a la inclinación del talud, a la escasez de amplitud y al uso de muro concertado. Aunque la mayor preocupación fue el sistema constructivo; en el núcleo se encontraban «materiales mezclados de diversas categorías», los cuales necesitaban de «una capa escollera de revestimiento». Así Briones fue partidario de emplear en toda la obra escollera clasificada (Briones, 1912, s/p). En 1915, ya casi terminadas las obras, varió nuevamente el proyecto. Sustituyó todas las construcciones de fábricas y colocó un muro ciclópeo de escollera en seco a modo de espaldón en la zona del morro.



Figura 3
Vista del faro del puerto y el extremo del dique de levante (APT- s/f, ca. 1924, reg. 120)

Al poco tiempo de inaugurar la ampliación del dique se produjeron nuevos desprendimientos de escollera y socavaciones en la zona primitiva. Otra vez se repetía la misma historia, los temporales de mediados de noviembre e inicios de diciembre de 1916, junto con las pequeñas marejadas acaecidas en febrero del año siguiente, causaron los desperfectos. A raíz de ello, se encargó a Briones una «nueva forma adecuada al carácter de las averías» para evitar los temidos arrastres. La solución fue sencilla: disponer al núcleo del dique compuesto por materiales pequeños un «manto protector» de escollera de primera calidad; es decir, de más de cuatro toneladas (Briones, 1917, s/p). No obstante, mientras se procedía a la reparación, las tormentas de mayo y junio de 1918 pusieron en peligro el talud interior del rompeolas. Su reparación reportaba un nuevo gasto pero la falta de presupuesto podía causar «una posible rotura del dique con la consiguiente penetración del oleaje y esparcimiento de las escolleras en el interior del puerto que inutilizarían la dársena para el tráfico comercial» (Briones, 1918, s/p). Por fin, tras la inversión el último tramo del dique de levante estaba preparado para levantar las arquitecturas auxiliares.

De la luz provisional al proyecto de señales luminosas

La instrucción del 10 de noviembre de 1856 sobre la iluminación de nuevos faros significó el punto de

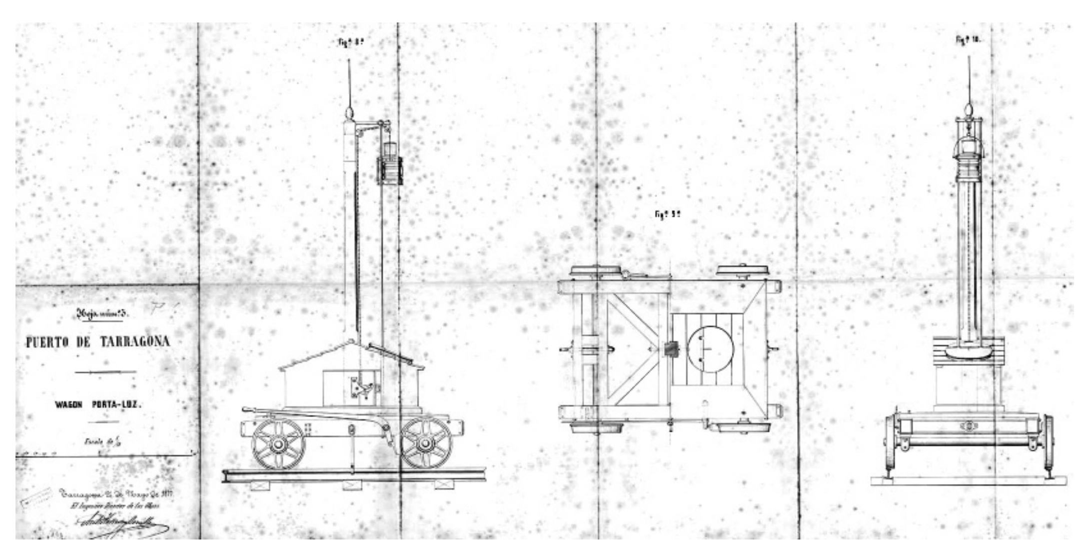


Figura 4
Puerto de Tarragona. Vagón porta-luz. (APT-Herrera 1877)

arranque para la colocación de luces en la rada de Tarragona. Uno de los primeros proyectos fue la iluminación del faro de Salou -3er orden-, el cual en octubre de 1857 se procedió a montar su luz. No obstante, la lentitud en la realización de las obras de los muelles en Tarragona obligó a la colocación de señales algunas de ellas de carácter provisional. El faro primitivo de hierro situado en el dique de levan-

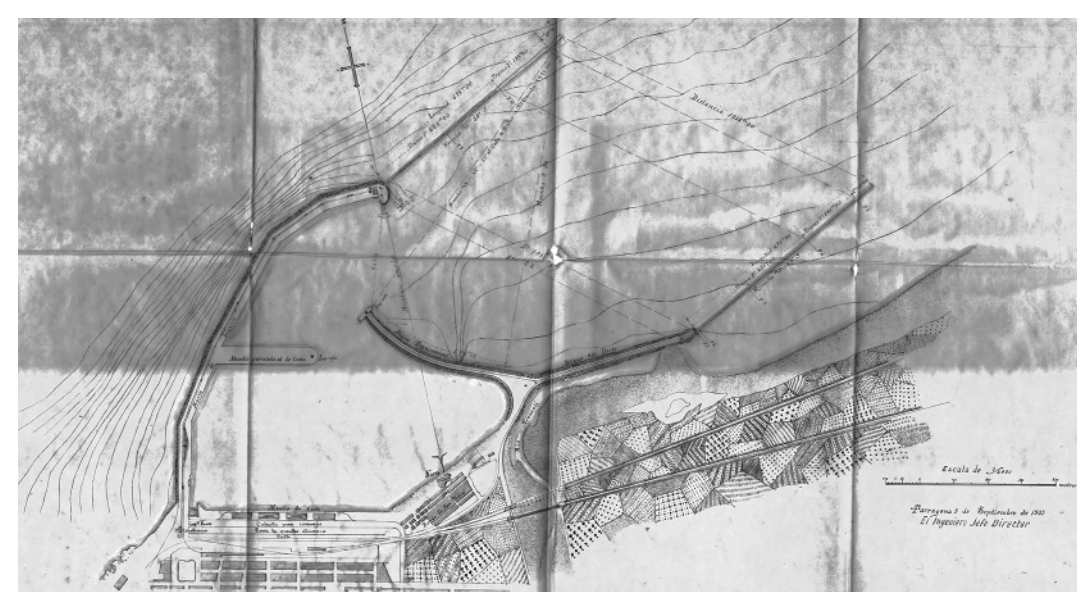


Figura 5
Puerto de Tarragona. (APT-Maese 1903)

te -en construcción-, varió en 1877 de luz blanca a roja -5to orden-. En esas fechas, durante las labores de ampliación del dique del oeste, Herrera presentó un estudio de luz provisional, del tipo vagón con porta-luz para el dique transversal. La ventaja de ese sistema fue su carácter móvil ya que «debe avanzar a medida que avance el dique en construcción». Dotada con una luz verde alojada en «un fanal de ciertas condiciones ópticas» es decir: un aparato dióptrico de la firma barcelonesa Rosell. La luz no debía de ser de gran alcance pero «la zona del mar que ilumine se acerque á su pié lo más posible…que el cono luminoso se incline todo lo que sea compatible con el alcance de la luz» (Herrera, 1877, p. 3–4, 11).

El emplazamiento del faro en el extremo de un dique obligaba a que su colocación dependiese de la finalización del mismo y, a su vez, una nueva ampliación significaba que la luz quedase obsoleta. Durante las obras del puerto fue necesario un estudio de señales provisionales como el realizó por Maese en 1905. El objetivo era facilitar la entrada de los buques sobre todo por la noche, y así evitar, en la medida de lo posible, alguna colisión con la escollera desprendida. La colocación de una boya en un extremo permitía identificar la zona de obras. La entrada al puerto por la noche sin la ayuda de un práctico resultaba una operación un tanto arriesgada. Maese propuso la colocación de dos boyas luminosas de petróleo con tres mechas modelo ‘Wigham’[9]. Situó éstas en los extremos del dique del oeste y levante mientras que en el antiguo rompeolas de levante permanecería una luz roja al igual que en el muelle paralelo. En cambio, en el dique transversal tendría una luz verde. Claro está que estas luces contaban con el apoyo de las farolas del dique de levante.

El faro y sus propuestas

En 1917 se encargó a Briones el diseño de un nuevo faro con algunas prescripciones a tener en cuenta redactadas por la jefatura central de faros. La linterna debía ser del mismo tipo que la utilizada en el puerto de Castellón y contar la torre con una altura mínima de 14 metros sobre el nivel del mar. La propuesta de Briones era una torre de 17,50 metros[10] y su disposición «de amplitud para el montaje de la linterna, así como del asiento para el torreón y el piso que la soporta son holgada en la primera e idéntica en el montaje al modelo de Castellón»[11]. Es decir, en muchos aspectos técnicos el ingeniero se inspiró en el faro de Castellón proyectado por José Serrano e inaugurado en 1917.

El faro primitivo del muelle de levante, situado en el antiguo morro, se encontraba en un estado de conservación bastante «precario» y las características del mismo desestimaron su traslado a la zona de ampliación. No obstante, el primer proyecto de Briones no se llevó a cabo. Dos factores impidieron su ejecución: la incertidumbre y carencia de materiales causada por la I Guerra Mundial, y las obras de rectificación del muro espaldón de defensa en la conclusión del dique. Finalmente, se realizó el segundo proyecto diseñado en 1920 por José Serrano. Debemos mencionar que en esas fechas Briones ya no trabajaba en el puerto de Tarragona.

No era el primer edificio de nueva planta que Briones dibujó para el dique de levante. En 1909 había diseñado la estación marítima ubicada en el primitivo morro a un lado de la linterna metálica. La inestabilidad de la piedra escollera, como ya hemos analizado anteriormente, obligó a formular un proyecto en el cual primase la solidez sobre cualquier otra cuestión. El técnico optó «para proveer a la resistencia de tan delgadas fábricas, se han colocado debidamente espaciados, pies derechos metálicos entrelazados por una carrera inferior y otra superior, también metálicas, constituyéndose así un sistema de entramado vertical muy resistente, que es destinado a recibir las cargas y dar fortaleza a toda esta construcción» y así mismo reutilizó el hierro ya que «ese material metálico esta constituido por carriles viejos de estas Obras». No era la primera vez que al hierro inservible se le daba una nueva vida, dicha práctica ya



Figura 6
Grúa titán del muelle de levante. (APT- Postal, ca. 1915, reg. 58).

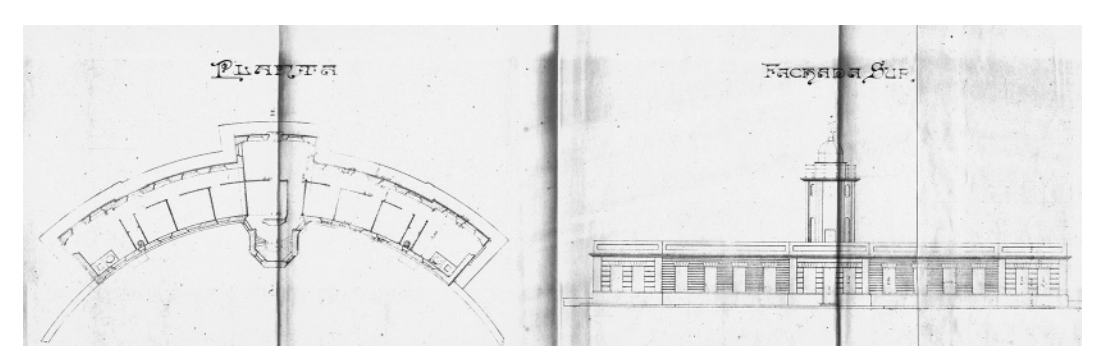


Figura 7
Proyecto de edificios y torre del faro (APT-Briones 1919)

la apuntamos al analizar el montaje de la grúa titán (Briones, 1909, pp. 25–26).

Briones ideó la ubicación del faro y de los edificios anejos con una planta semicircular simétrica presidida en el centro por la torre. Lo dispuso justo a la altura del espaldón de defensa. Tuvo en cuenta la higiene y salubridad del edificio y por ello evitó «las umbrías y humedades salitrosas», así por ejemplo las viviendas de los torreros junto con la estancia de los prácticos las emplazó en las plantas superiores con amplios ventanales. No se desarrollaron todas las plantas pero pensó para un futuro la posible construcción de una fábrica de electricidad.

La cimentación no fue la tradicional. En especial en «la infraestructura de la torre un estereóbato de fuertes espesores con fábrica muy resistente ya experimentada y robustecida con zunchos metálicos interiores aprovechando carriles viejos». La distancia de los elementos metálicos fue de noventa centímetros hasta alcanzar el andén superior. El hueco en la zona de la cimentación de la torre se utilizó a modo de aljibe -enlucido con cemento hidrófugo-, el cual recibía el agua procedente de las cubiertas a través de los canalones de zinc.

La fábrica de los muros se presupuestó con ladrillo hueco «para obtener un peso escaso» y mampos-

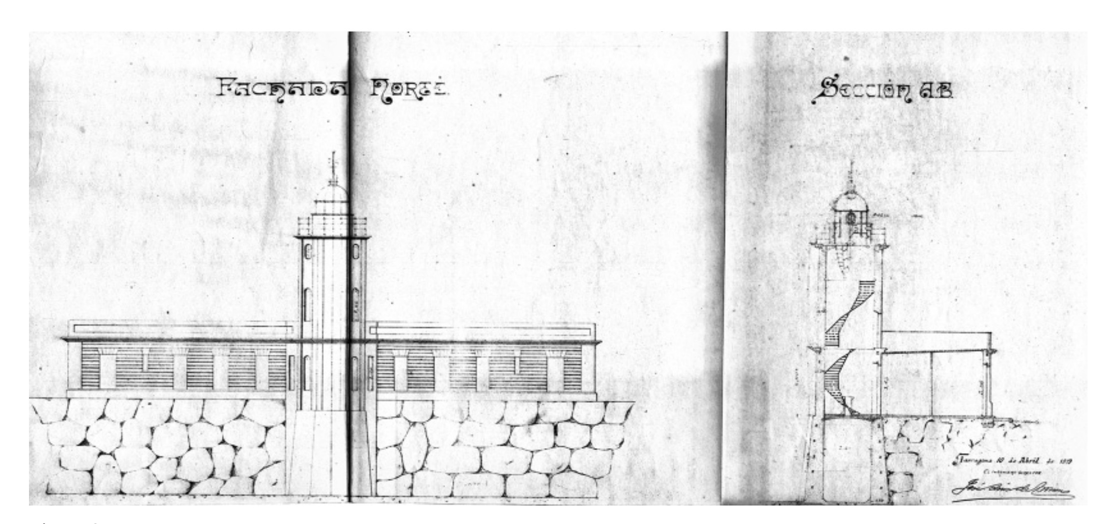


Figura 8
Proyecto de edificios y torre del faro (APT-Briones 1919)

tería «de la localidad» con mortero «de mezclas»[12] en los zócalos. No obstante, para dar una mayor solidez al paramento exterior «se han rodeado los edificios de dos largueros metálicos formando correas de atirantado, correspondiente una a la altura de los dinteles de las puertas y ventanas y la otra á la del asiento de las cubiertas…embebidos en la fábrica hidráulica de los muros». En cambio para la torre calculó su realización con hormigón armado con su «emparrillado metálico de carriles viejos». La cornisa sería de piedra artificial y, una vez más, se podrían reutilizar los moldes existentes de la estación sanitaria y de los tinglados. La cubierta con la mínima pendiente se ideó con tres hiladas de rasilla «colocadas como dintel plano en baño flotante de mortero, sin interposición de alcatifa ni almohadillado alguno». En cambio, reforzó el piso de la torre y de la cubierta del aljibe con cinco hiladas para resistir la colocación de posibles acumuladores. El acabado de las fachadas lo calculó a base de mortero hidráulico de mezcla de colores cálidos. Finalmente, sobre el aspecto estético del edificio expuso «constituirá una silueta armónica y sería probablemente bella sin necesidad de ningún especial adorno sino tan sólo por el efecto conseguido con la misma distribución de sus masas y la ordenación de cada miembro del edificio en armonía con la realidad de su servicio y por tanto con la verdad».

José Serrano será el autor del faro de levante. A diferencia del proyecto de Briones varió el emplazamiento al colocarlo en el andén bajo para no entorpecer el paso de «vías, grúas y otros medios auxiliares», además de lograr «un mayor resguardo de los rociones de las olas en días de temporal», e incluso conseguir de este modo una mayor privacidad. Redujo los edificios anejos a la vivienda del farero. Esas habitaciones resultaban necesarias; la junta de obras carecía de un inmueble idóneo.

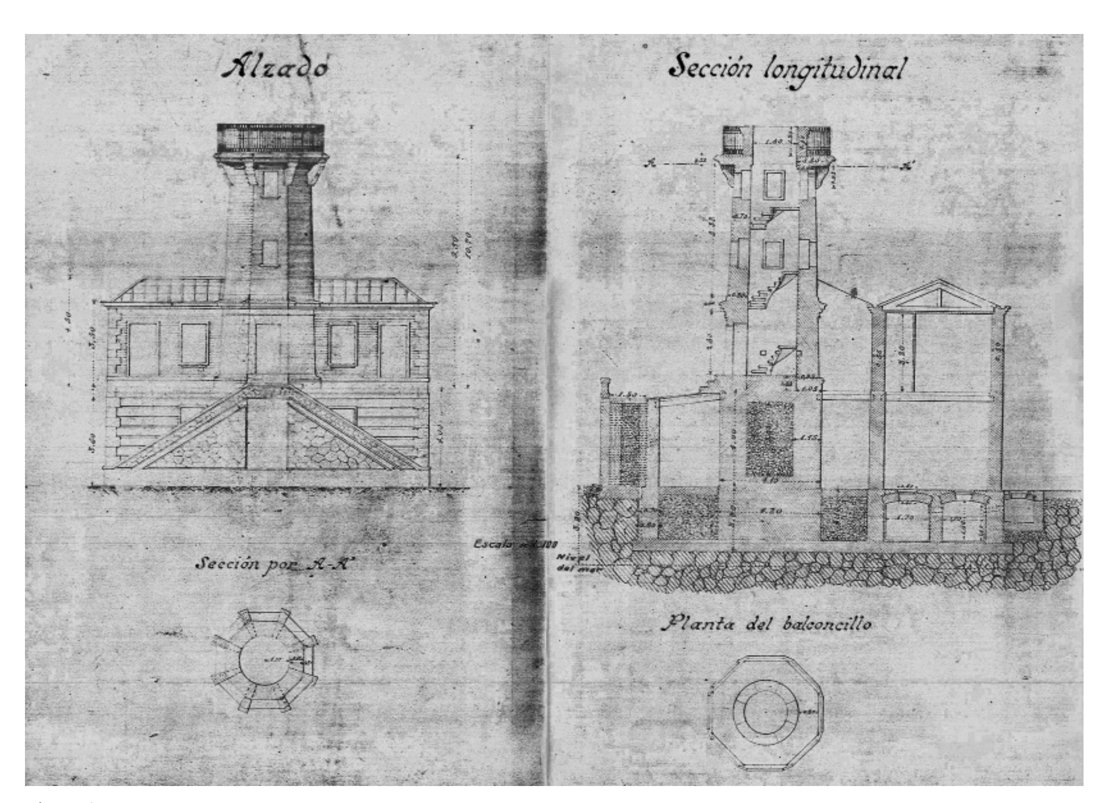


Figura 9
Proyecto de faro en el morro del dique de Levante (APT-Serrano 1920)

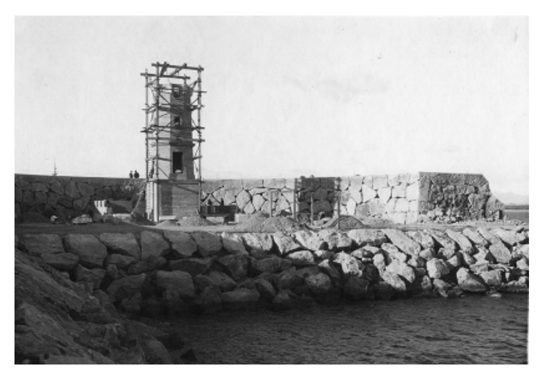


Figura 10
Construcción del faro en el dique de levante (APT- H Vallvé, 1922, reg. 109)

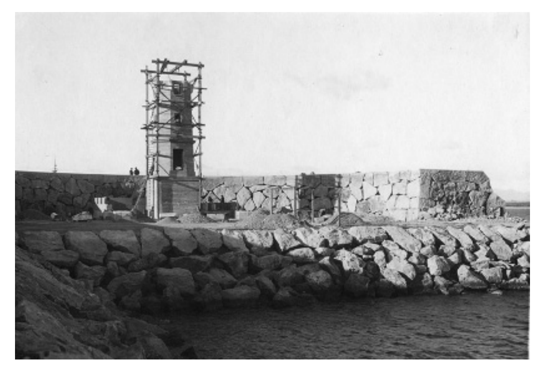


Figura 11
Construcción del faro en el dique de levante (APT- H Vallvé, 1922, reg. 110)

El ingeniero propuso dos sistemas constructivos. Consideró oportuno levantar la fábrica de hormigón con cemento portland, pues dicho sistema era mucho más rápido y económico que la sillería y, a su vez, mas compacta y homogénea que la mampostería. Mientras que la escalera simétrica de acceso al edificio valoró más oportuna la fábrica de «mampostería con mortero de cemento».

La cimentación de ambos edificios se delineó sobre el nivel del mar pero se abrió una zanja de 2,60 metros de profundidad «cuyo fondo se macizará y enrasará perfectamente con ripio» sobre el cual se dispondrá una capa de diez centímetros de cemento portland y sobre el mismo «se colocará una armadura de carriles, de sección correspondiente a 10 kilos por metro lineal, en dos filas cruzadas…formando una cuadrícula de 25 centímetros de lado» y continuó «esa armadura quedará envuelta en el hormigón hidráulico formando un macizo… de 40 centímetros de espesor». No era la primera vez que Serrano utilizaba este método[13]. Además vemos que los carriles del tren y su reutilización fue una solución bastante co-

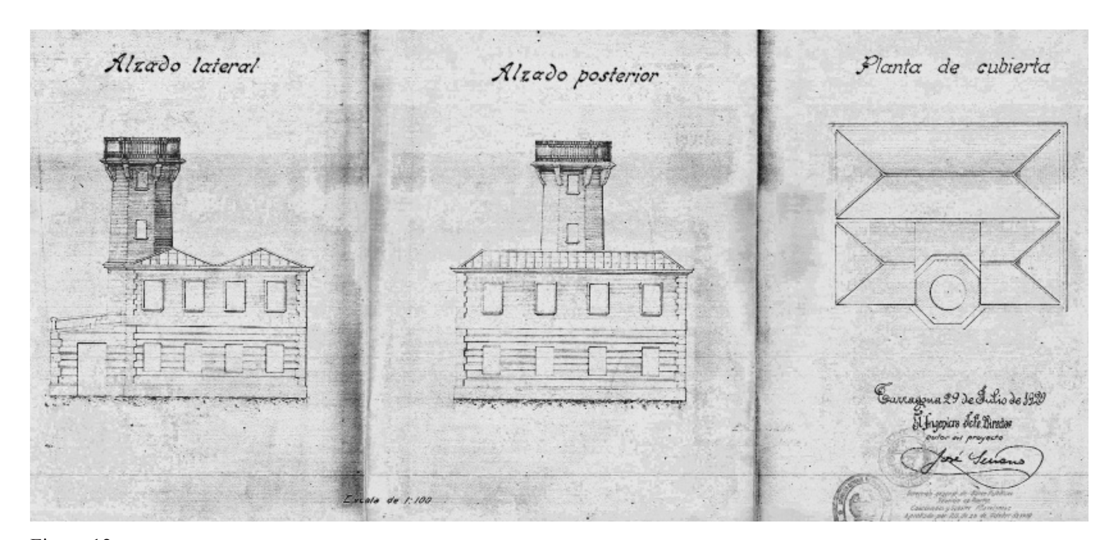


Figura 12
Proyecto de faro en el morro del dique de Levante (APT-Serrano 1920)

mún para solventar los problemas de asiento sobre escollera.

A partir del presupuesto de las obras y de la memoria podemos observar tres secciones en la construcción de la torre. La primera es un basamento de planta cuadrada de 4,10 metros a cada lado y con una altura de cuatro metros. La segunda y la tercera, de sección octogonal en el exterior y circular en la zona interior. Hasta la altura de la cornisa era similar al edificio de la vivienda mientras que la última contaba con un «enlucido imitando al de la sillería de cantería de Santa Tecla» e incluso la parte de su coronamiento estaba decorada con una cornisa y ocho ménsulas de cantería de 'llisós' procedente de la cantera de Santa Tecla perfectamente «empotrados en el espesor de la fábrica de hormigón». La cubierta la presupuestó con un entramado de hierro y chapa de palastro estriado. Las tres secciones de la torre tenían una altura de 18,23 m sobre el nivel del mar.

La escalera circular de acceso a la linterna la diseñó de obra al resultar más económica y más duradera que la de hierro al estar «tan directamente expuesta a la acción del mar». Los peldaños de la misma de «tableros de mármol artificial color gris descansarían sobre el forjado». En cambio, la barandilla estaría formada por simples barrotes de hierro empotrados a los peldaños.

Se trataba de una obra bastante sólida pero la situación política obligó al ingeniero a considerar un sistema para volar con rapidez y con seguridad la misma. Al igual que en las torres de Cartagena y Castellón dispuso «a noventa centímetros del piso de ésta se dejarán construidos tres hornillos de veinticinco centímetros de lado». Por lo tanto, con este diseño el faro cumplía con la pertinente disposición del Ministerio de la Guerra.



Figura 13
Construcción del faro en el dique de levante (APT- s/f, ca.1922, reg. 1543)

La torre presidía la zona central del edificio y contaba anexada a la misma una planta baja y un piso formado por tres crujías. En las partes bajas de la edificación se dispuso un zócalo de sillería de sesenta centímetros. En cambio el aspecto del muro exterior se enluciría imitando la sillería. En el entramado de los techos de la planta baja, al igual que en la torre, se prefirió las viguetas de doble T con un forjado en bovedilla tabicada con dos capas de ladrillo. Cabe destacar que la cubierta a dos aguas y de uralita no se ejecutó y finalmente se prefirió por una techumbre plana. Utilizó medios auxiliares como el andamiaje «de altura y dimensiones proporcionadas» con la clara función de facilitar el montaje y la subida de materiales.

En definitiva, el proyecto se ejecutó a buen ritmo y se cumplieron las proposiciones iniciales planteadas por Serrano: «se trata de una construcción que requiere especial esmero en su mano de obra, seguridad completa de la buena calidad de los materiales, disponer de medios auxiliares adecuados, no interrumpir los trabajos una vez empezados» (Serrano, 1920, pp. 7–13; 14–18; 4–5).

Notas

1. Hemos contado con una ayuda a grupos de investigación de la Junta de Extremadura, HUM012 Arte y patrimonio moderno y contemporáneo dirigido por la dra. Lozano Bartolozzi. i-PAT-Instituto de Investigación en Patrimonio. UNEX. Debo agradecer la ayuda de la archivera Coia Escoda y a los miembros de su equipo del APT.
2. El faro cuenta con una protección a nivel local BCIL B2 ref. c027 *Farola del Moll* POUM 2008. No se encuentra en el catálogo de faros con valor patrimonial (Beitia, 2017).
3. Junta de Obras del Puerto de Tarragona.
4. Puerto de Tarragona.
5. Elío reutilizó la caldera y maquinaria de la grúa más potente que tenía el puerto. El ingeniero del puerto llamó el titán 'Sunderlan'.
6. «el torno y caldera de vapor, la plataforma de fundición base de la caldera, la caldera de suspensión de los bloques, el hierro viejo e inútil empleado en el contrapeso, las ruedas motrices con sus ejes, los llantones de acero para el carretoncillo porta bloques y

para los soportes, y balancines de las ruedas que se han hecho de bracetes de la cadena del rosario de la draga que se dejaron de desecho por tener los ojos desgastados: por esta razón como no hay que valorar en estos el precio de compra de material y si solo la mano de obra de forjado, cepillado, y ajuste han podido figurar en este presupuesto a un precio muy inferior al resto del hierro forjado, a pesar de exigir un trabajo muy costoso» (Maese, 1902)

7. Aplicó su experiencia fruto de las labores de conservación del dique de levante.
8. Las dos primeras –Casa Blanca y Fuerte de la Reina- no resultaban tan convenientes para su explotación por la menor calidad de la piedra al ser poco gruesa y favorecer la roca menuda. La explotación de la cantera de Salou era más costosa al ser necesaria la construcción de una nueva infraestructura: un ferrocarril secundario de 7.5Km que comunicase la playa con el puerto.
9. Este sistema permitía la iluminación durante un poco más de un mes y era mucho más económico que las boyas de gas comprimido modelo 'Pintsch' que requerían de una fábrica de gas o el transporte del mismo a través de acumuladores. Este segundo sistema Maese tuvo ocasión de conocerlo mientras trabajó en el puerto de Valencia.
10. Al diseñar la altura de la torre Briones intentó evitar que la misma pudiese entorpecer la visibilidad, la circulación o la permanencia de alguna grúa o del titán por el borde exterior del rompeolas.
11. Briones dibujó el tipo de linterna pero no la presupuestó ni señaló sus características técnicas. Los gastos del aparato, correspondía su pago al servicio central de señales marítimas.
12. Se trata de «cal ordinaria del país aligada al cemento», lo cual daba un mortero hidráulico muy económico y resistente.
13. «Este mismo procedimiento lo hemos empleado con excelentes resultados en el cimiento del faro de Castellón; se comprende que con la armadura descrita se evitan en las torres y edificio las manifestaciones de asiento parciales o locales, posibles, en la escollera del núcleo del dique» (Serrano, 1920, p. 6).

Lista de Referencias

Bellido, Saturnino. 1885. «Proyecto de reparación del dique de levante. Memoria descriptiva». (APT-proy. 11).

Briones, Luis de. 1909. «Proyecto de Estación Sanitaria». (APT-proy. 49).

Briones, Luis de. 1912. «Proyecto de nuevo perfil del Rompeolas para la prolongación del de Levante». (APT-proy. 56).

Briones, Luis de. 1917. «Proyecto de reparación de averías en la parte antigua del dique de Levante». (APT-proy. 71).

Briones, Luis de. 1918. «Proyecto de reparación de la parte antigua del dique de Levante». (APT-proy. 73).

Briones, Luis de. 1919. «Proyecto de edificios y torre del faro». (APT-proy. 75)

Elío, Fausto. 1898. «Proyecto reformado de reparación de los últimos tramos del Dique de Levante». (APT-proy. 22).

Escoda, Coia, et altri. 2002. *El Puerto de Tarragona*. Barcelona: Lunwerg Editores.

Herrera, Antonio. 1877. «Proyecto de una luz provisional para el puerto de Tarragona». (APT-proy. 6).

Interpreta Cultura. 2010. *Los faros de Catalunya: de norte a sur por la costa.* Barcelona: Generalitat de Catalunya, pp. 48–49.

JOPT. 1883. *Memoria sobre los actos más importantes de la Junta de Obras del Puerto de Tarragona desde que se publicó la última memoria en 30 de junio de 1871 al 30 de junio de 1883.* Tarragona: Imp. Puigrubí y Aris.

JOPT. 1890. *Memoria acerca del estado y progreso de sus obras durante el año económico de 1888 a 1889.* Tarragona: Imp. F Arís e hijo.

JOPT. 1923. *Memoria que manifiesta el estado y progreso de sus obras*. Tarragona: Tip. F. Sugrañes.

JOPT. 1924. *Memoria relativa a la gestión de la Junta. Relación de sus Ingresos y Gastos.* Tarragona: Tip. F. Sugrañes.

Maese, Manuel. 1902. «Segundo proyecto reformado de la reparación del dique de levante». (APT-proy. 28).

Maese, Manuel. 1903. «Proyecto de nuevos diques». (APT-proy. 31).

Maese, Manuel. 1905. «Puerto de Tarragona: proyecto de nuevos diques en curso de ejecución». *Revista de Obras Públicas*, 1, (53): 329–339.

PT. 1932. *Memoria descriptiva del puerto y relativa al estado y progreso del tráfico, y de los servicios y obras del mismo, durante los años 1928, 29, 30 y 31.* Tarragona: Tip. Sugrañes, 1932.

Sánchez Beitia, Santiago. 2017. *Catálogo de Faros con valor patrimonial de España,* Madrid: Instituto de patrimonio cultural de España.

Santos, Raquel. 2003. «Barcelona y Tarragona. Armónica convivencia». *Revista del Ministerio de Fomento*, 520: 112–123.

Serrano, José. 1920. «Proyecto de faro en el morro del dique de Levante». (APT-proy. 81)


ISBN 978-84-9728-563-6